

## ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук

**Тарасової Вікторії Олександрівни**

на дисертаційну роботу

**Колбасенка Олега Васильовича**

**«ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ, ЕКОЛОГІЧНОЇ  
ЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК  
АКТИВАЦІЄЮ ГОРІННЯ ВОДОПАЛИВНИХ ЕМУЛЬСІЙ»,**  
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 144 – Теплоенергетика

### *Актуальність теми*

Технологія додавання води у паливо та використання його у формі емульсії є ефективним способом зменшення викидів забруднюючих речовин від газових турбін, двигунів та котельних установок, що працюють на будь-якому рідкому паливі. Крім того, ця технологія є енергоощадною з точки зору техніко-економічних показників, вона дозволяє частково замінити традиційні види вуглеводневого палива водою, що значно знижує їх загальну витрату.

В умовах економії енергоносіїв та підвищення цін на них як на світовому, так і на внутрішньому ринках, загострюється проблема енергетичної безпеки України. Тому тема дисертаційної роботи Колбасенка Олега Васильовича безумовно є *актуальною*.

Відомо, що наукові дослідження водно-паливних емульсій як теоретичні, так і експериментальні, тривають понад п'ять десятиліть, але широке впровадження емульсійного палива в комерційних умовах виявилось складним завданням. У зв'язку з тим, мета дисертаційної роботи, яку записано – наукове обґрунтування теоретичних положень і розробка практичних рішень щодо підвищення техніко-економічних, екологічних показників роботи та надійності експлуатації котельних установок при спалюванні водопаливних емульсій, є своєчасною і важливою для сталого розвитку енергетики України.

У дисертаційній роботі Колбасенка О.В. поставлено і вирішено низку актуальних задач, серед яких слід виділити такі, як визначення експериментальним шляхом рівня економії вуглеводневого палива при використанні водопаливних емульсій (ВПЕ) з різним водовмістом, а також рівня емісії шкідливих речовин за умов спалювання ВПЕ та при впорскуванні води при використанні мазуту, розроблення рекомендацій щодо конструктивних рішень для котельних установок різного цільового призначення за умов спалювання ВПЕ з високим водовмістом.

Актуальність досліджень підтверджується участю здобувача у виконанні

робіт за науково-дослідною темою № 0111U002309 «Теоретичні основи підвищення стійкості процесів горіння вуглеводневих палив в низькоемісійних камерах згоряння газотурбінних двигунів використанням плазмохімічних стабілізаторів», що виконувалася відповідно до пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки України «Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі» (напрямок б), а також у відповідності до плану НДР обласної програми з енергозбереження, затвердженою рішенням сесії Херсонської обласної Ради № 320 від 12.12.2000 р. У цих роботах здобувач був виконавцем окремих розділів.

Таким чином, наукові дослідження за темою «Підвищення техніко-економічної, екологічної ефективності та надійності роботи котельних установок активацією горіння водопаливних емульсій» слід вважати доречними і своєчасними.

### ***Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації***

Ознайомлення зі змістом дисертаційної роботи Колбасенка О.В. дає підстави стверджувати, що наукові положення, висновки та рекомендації, представлені в ній, є достатньо обґрунтованими та достовірними.

Наукові положення, викладені в дисертації, відображають цілісність і завершеність дослідження, про що свідчать структурна побудова та зміст роботи за логікою сходження від теорії до практичної реалізації.

Достовірність результатів дисертаційної роботи Колбасенка О.В. забезпечено обґрунтованою постановкою задач теоретичного й експериментального досліджень, підтвердженням адекватності теоретичних положень шляхом проведення експерименту із задовільним узгодженням розрахункових і експериментальних даних.

Отримані результати та зроблені автором висновки не суперечать дослідженням інших авторів, проведеним у напрямку використання палива, емульгованого водою.

Мета дослідження відповідає темі дисертаційної роботи, а поставлені задачі дослідження достатні для її розкриття і досягнення поставленої мети. Результати та загальні висновки по роботі свідчать про вирішення всіх поставлених задач і узагальнюють результати досліджень, отриманих у відповідних розділах дисертаційної роботи.

### ***Достовірність результатів досліджень***

Крім того, обґрунтованість одержаних результатів підтверджується їхньою

апробацією у доповідях на міжнародних науково-практичних конференціях та впровадженні результатів роботи як рекомендацій щодо удосконалення технологій використання водопаливних емульсій на основі мазутного палива із водовмістом до 30 % в котельних установках для філії ХЦКБ «Енергопрогрес» ТОВ «Котлотурбопром».

### ***Оцінка наукової новизни дисертаційної роботи***

Оцінюючи найважливіші здобутки дисертаційного дослідження, варто вказати на результати, що мають вагому ***наукову новизну***.

Це, насамперед, отримання нових апроксимаційних залежностей для визначення інтенсивності високо- та низькотемпературної корозії при використанні водопаливних емульсій з різним співвідношенням паливо/вода та вмістом сірки в діапазоні коефіцієнтів надлишку повітря 1,01-1,5 на основі проведених експериментальних досліджень.

Слід також відзначити вперше розроблене прикладне рішення щодо компонування котельних установок з використанням скрубберів з підігрівом повітря і підсушкою газів та надані рекомендації щодо вибору матеріалів, які забезпечують надійну роботу обладнання при температурі стінок нижче 70 °С за умов використання водопаливних емульсій, теплоти конденсації водяної пари та пари сірчаної кислоти.

Безумовну наукову новину має запропонована здобувачем технологія комплексного використання паливно-енергетичних і водних ресурсів з електродіалізною обробкою води для суднових котлів, особливістю якої є наявність кавітаційної обробки різного рівня інтенсивності на всіх етапах попередньої підготовки води, палива або нафто масловмісних вод перед змішуванням у кавітаторі.

### ***Значення результатів для науки і практичного використання***

Проведені здобувачем дослідження мають як теоретичне, так і велике ***практичне значення***, зокрема, вирішено проблему прогнозування інтенсивності забруднення поверхонь нагріву та газоходів котельних установок при спалюванні ВПЕ завдяки отриманого рівняння багатовимірної регресії. При цьому було враховано наступні параметри: коефіцієнт надлишку повітря, вміст сірки та вологовміст емульсії у широкому діапазоні, що відповідає реальним режимам роботи обладнання.

В роботі наведено рекомендації щодо можливого рівня температури стінок поверхонь нагріву котлів для різних марок сталі з урахуванням вмісту сірки та солевмісту води для приготування емульсії, що мають безумовну практичну значимість.

Ще слід відмітити результат, що має високу практичну значимість, а саме дозволяє здійснювати довгострокове прогнозування динаміки розвитку корозійних процесів при спалюванні водопаливних емульсій різного складу. Це отримання залежностей для визначення інтенсивності високо- та низькотемпературної корозії, які було створено шляхом обробки експериментальних даних.

Практична цінність наукових результатів дисертаційної роботи документально підтверджується актами про їх використання (с. 149 – 151).

### ***Аналіз змісту та форми дисертації***

***Анотація*** дисертації коректно відображає її основні положення.

***У вступі*** обґрунтовано актуальність теми дисертації, окреслено мету дослідження та науково-технічні задачі, що необхідні для його виконання, представлено методи досліджень, сформульовано новизну і практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про апробацію, публікації та реалізацію результатів дослідження.

***У першому розділі*** проведено аналіз літературних джерел щодо методів підвищення ефективності та стійкості процесів спалювання водопаливної емульсії у низькоемісійних паливних пристроях. На підставі проведеного аналізу показано, що використання емульсованого палива позитивно впливає на якість робочих процесів в камерах згоряння двигунів та топкових камерах котельних установок. Розглянуто методи керування нестійким режимом горіння паливоповітряних сумішей. Показано, що спалювання кавітаційно активованої ВПЕ забезпечує якісне запалення й стійке горіння бідних сумішей внаслідок підведення надлишкової кількості активних часток.

***Другий розділ*** присвячено дослідженням вібраційного режиму горіння водопаливної емульсії для підвищення показників ефективності енергетичної установки. Вібраційне горіння водопаливної емульсії розглядається як автоколивальне явище, причиною якого є мікроривбухи крапель емульсії. Експериментальні дослідження показали, що мікроривбухи відбуваються переважно в краплях великого діаметра з більшим вологовмістом, що підвищує ймовірність запалення. Краплі водопаливної емульсії запалюються швидше, ніж звичайне безводне паливо завдяки додатковому дробленню крапель внаслідок мікроривбухів. Показано, що нагрівання супроводжується вибухоподібним скипанням води, що може відбуватися як за гетерогенною, так і за гомогенною схемами.

***У третьому розділі*** проведено дослідження процесів корозії та зашкідливого впливу поверхонь нагріву при спалюванні водопаливної емульсії. Проведено експеримент щодо визначення впливу мінеральної частини палива та

води при спалюванні ВПЕ, температури поверхні металу  $t_{ст}$  і коефіцієнту надлишку повітря  $\alpha$  на інтенсивність високотемпературної і низькотемпературної сірчаноокислотної корозії при різному солемісті води.

Експериментальні дослідження проведено на установці, яка складається з таких основних елементів: топкова камера, пальник, система підготовки ВПЕ, газохід з робочими ділянками, де знаходяться зразки для дослідження високотемпературної і низькотемпературної корозії.

Інтенсивність корозійних процесів визначалася за різницею мас металу при встановленні охолоджуваних зразків труб у газохід при температурі газів  $\sim 1000$  °С (при дослідженнях високотемпературної корозії) та  $\sim 200$  °С (при дослідженнях низькотемпературної корозії). З метою порівняння корозійної стійкості марок сталей використовувалися зразки труб з вуглецевої сталі 20 і нержавіючою сталі 1Х18Н10Т. Здобувачем проаналізовано дані експерименту та отримано залежності швидкості високотемпературної, низькотемпературної корозії сталей, а також величини економії чистого палива в емульсіях. Отримані регресійні рівняння дозволяють прогнозувати інтенсивність корозії при використанні ВПЕ та чистих палив.

*У четвертому розділі* запропоновано конструктивні рішення для підвищення ефективності роботи котлів на мазуті з урахуванням впливу корозії на поверхні нагріву, розглянуто заходи щодо підвищення надійності елементів енергетичних установок при спалюванні палива різної якості.

*У висновках* сформульовано основні результати дисертаційної роботи.

*Список літературних джерел* містить 115 найменувань.

*У додатках* представлено Акти впровадження дисертаційної роботи.

### *Дискусійні питання та основні зауваження щодо змісту дисертації*

Разом із загальною високою оцінкою дисертаційної роботи Колбасенка О.В., слід звернути увагу на певні дискусійні моменти:

1. Назва підпункту «1.3.3 Вплив якості води у ВПЕ», на мою думку мало інформативна, так як не вказує на що саме впливає якість води.

2. У роботі багато уваги приділено такій характеристиці, як економія палива. Зокрема, наведено поняття економії чистого палива  $E$  (стор. 85) та економії паливо-енергетичних ресурсів  $B$  (стор. 104), зроблено висновки по економії чистого палива (стор. 97). Також на стор. 85 введено поняття економічності спалювання водопаливних емульсій. Не зрозуміло, що автор мав на увазі під цими характеристиками, бо в тексті не наведено жодного пояснення ані жодної формули. Проте на рис. 3.12 наведено залежності економії чистого палива  $E$  від його водовмісту. Вважаю, що цю важливу характеристику, як

економія палива, слід було б описати докладніше, показати як вона була отримана у вигляді формули. Крім того, якщо є відмінності між вище наведеними поняттями, то для коректного аналізу їх теж слід було б описати.

3. На рис. 3.12 наведено з посиланням на роботу [89] криву 2, яку нанесено на графік для порівняння отриманих здобувачем результатів. Але в роботі [89] не наведено безпосередньо такої залежності. Хотілось би дізнатися, як здобувач обробив дані роботи [89] щодо отримання цієї залежності? Вважаю що цьому слід було б приділити увагу в роботі, тому що це є теж наукова робота автора щодо обробки даних експерименту, які наведено в літературі.

4. На стор. 61 наведено текст та залежність: «Утворення вибуху та зміна фазового стану води супроводжувалися генерацією акустичного імпульсу, що описується наступним рівнянням:

$$P_A^{(T)} = P_{A(\max)} \cdot \exp(-k_A \cdot \tau) \cdot \sin(\omega\tau + \psi),$$

де  $\tau$  – поточний час,  $k$  – постійна загасання,  $\omega$  – циклічна частота,  $\psi$  – початкова фаза.». Перше зауваження – це те, що не всі символи, що фігурують у залежності розшифровані. По-друге, не зовсім зрозуміло змістовне навантаження цієї залежності. Чи автор використовував її у подальших дослідженнях?

5. Є деякі неточності в формулюванні висновку. Так, на стор. 97 написано: «Кавітаційна обробка ВПЕ стабілізує рН емульсії, що важливо для зменшення корозії. Втрата активності води в емульсії спостерігається через ~300 хвилин, але дисперсність зберігається до двох тижнів», а у розділі 1 на стор.27: «...вода для приготування ВПЕ повинна відповідати певним стандартам, має бути повністю вільною від корозійної активності та солей загальної жорсткості». Зрозуміло, що автор під словом «активність» мав на увазі різні поняття. Але така неточність ускладнює сприйняття інформації і потребує пояснень.

6. У тексті представленої роботи зустрічається ряд стилістичних і орфографічних неточностей, деякі рисунки мають англомовні підписи.

Висловлені зауваження не ставлять під сумнів вагомість отриманих наукових результатів та не зменшують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи.

### ***Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях***

Основні результати дисертаційної роботи висвітлено у належній кількості публікацій. А саме у 13 наукових працях, з яких 4 статті – у наукових

періодичних фахових виданнях України категорії «Б», 9 – у матеріалах апробаційного характеру, з них 2 – у наукових конференціях, індексованих в наукометричній базі Scopus.

Опубліковані праці повною мірою відображають основні результати дисертаційної роботи.

### ***Відповідність дисертації встановленим вимогам та дотримання академічної доброчесності***

Ознайомлення з текстом дисертації дає підстави стверджувати, що за структурою та змістом вона відповідає всім вимогам. Структура дисертації є чіткою і послідовною. Її логіку підпорядковано вирішенню сформульованих дослідницьких завдань. Не викликають зауважень постановка мети, задач, об'єкта та предмета дослідження. Наприкінці кожного розділу подано чіткі стислі висновки, які відповідають тексту дослідження. Дисертаційна робота містить: анотацію, вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

Загальний обсяг дисертаційної роботи викладено на 129 сторінках, серед них: 37 рисунків по тексту, 3 рисунки на 3 окремих сторінках, список використаних джерел зі 115 найменувань на 13 сторінках та 2 додатки на 6 сторінках. Загальний обсяг роботи складає 151 сторінку.

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено. Використання положень, текстів інших авторів мають відповідні посилання на джерела.

З наукових публікацій, які написані у співавторстві, дисертація містить лише положення та пропозиції, які є особистим науковим здобутком автора.

## **ВИСНОВОК**

Розглянувши дисертаційну роботу Колбасенка Олега Васильовича можна зробити наступні висновки:

1. Стиль викладання достатньо чіткий, послідовний та в основному виключає неоднозначність трактування і розуміння основних положень дисертаційного дослідження.
2. Оформлення дисертації відповідає вимогам подання науково-технічної інформації.
3. Основні результати опубліковані у періодичних виданнях, основні положення апробовані на науково-технічних конференціях.
4. Дисертаційна робота Колбасенка О.В. є завершеним науковим дослідженням, більша частина зауважень має характер уточнень, які спрямовані

на прояснення окремих нюансів дослідження, на розвиток напрямку роботи в наступному і не знижує значимості отриманих дисертантом результатів.

Таким чином, враховуючи актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, сформульованих у дисертації висновків та рекомендацій, їх наукову новизну та практичну значимість, відповідність предметній області спеціальності, повноту викладення у наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що подана дисертаційна робота «Підвищення техніко-економічної, екологічної ефективності та надійності роботи котельних установок активацією горіння водопаливних емульсій» Колбасенка О.В. відповідає спеціальності 144 – Теплоенергетика, вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 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 КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувач Колбасенко Олег Васильович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 – Теплоенергетика.

Офіційний опонент

Провідний науковий співробітник

відділу моделювання та

ідентифікації теплових процесів

в енерготехнологічному обладнанні

Інституту енергетичних машин і систем

ім. А.М. Підгорного НАН України,

доктор технічних наук, старший дослідник

Вікторія ТАРАСОВА

«18» квітня 2025 р.

Підпис Тарасової В.О. засвідчую:

Учений секретар Інституту енергетичних машин і систем ім. А.М. Підгорного НАН України, доктор технічних наук



Сергій УГРИМОВ