

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, к.т.н., доцента Круглякової Ольги Володимирівни
на дисертаційну роботу **Колбасенка Олега Васильовича**
«Підвищення техніко-економічної, екологічної ефективності та
надійності роботи котельних установок активацією горіння
водопаливних емульсій»

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 144 – Теплоенергетика

Детальний аналіз дисертаційної роботи Колбасенка Олега Васильовича на тему «Підвищення техніко-економічної, екологічної ефективності та надійності роботи котельних установок активацією горіння водопаливних емульсій», що представлена для захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», дає змогу зробити комплексний висновок щодо її актуальності, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності та значущості отриманих результатів, наукової новизни, теоретичної та практичної цінності, надати загальну оцінку дисертації.

1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами

Актуальність теми дисертаційної роботи зумовлена практичними потребами енергетичної галузі, зокрема проблемою забезпечення стабільної, ефективної та екологічно безпечної роботи котельних установок в умовах змін палива та режимів експлуатації. Водопаливні емульсії, як альтернативний вид палива, дають змогу одночасно знижувати витрати на традиційні енергоносії та зменшувати обсяг викидів шкідливих речовин, особливо оксидів азоту. Актуальними та затребуваними є питання корозійної стійкості обладнання при спалюванні палива з високим вмістом вологи й сірки і пошук ефективних рішень для глибокої утилізації теплоти, особливо прихованої теплоти конденсації. Все це дозволяє зробити висновок, що тема дослідження відповідає актуальними задачам теплоенергетики та має

практичну цінність як для вдосконалення наявних котельних установок, так і для створення нових високоефективних систем теплопостачання.

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

Дисертаційна робота виконувалась в рамках науково-дослідною теми № 0111U002309 «Теоретичні основи підвищення стійкості процесів горіння вуглеводневих палив в низькоемісійних камерах згоряння газотурбінних двигунів використанням плазмохімічних стабілізаторів», яка розроблялася відповідно до напряму 6 «Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі» Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки». Також тематика відповідала плану НДР обласної програми з енергозбереження, затвердженої рішенням сесії Херсонської обласної ради № 320 від 12 грудня 2000 року.

3. Наукова новизна одержаних результатів

Дисертація містить наукову новизну, з найбільш суттєвих доробок роботи можна назвати:

- розробку прикладного рішення щодо компонування котельних установок з використанням скрубєрів, повітропідігріву та підсушки димових газів, причому відповідні рекомендації з добору матеріалів, надані здобувачем, дозволяють підтримувати надійну експлуатацію при температурі поверхонь нижче 70 °С, що створює передумови для ефективного вилучення теплоти конденсації водяної пари та сірчаної кислоти;

- отримання нового розрахункового рівняння, яке описує швидкість забруднення поверхонь нагріву, враховуючи одночасну дію надлишку повітря, вмісту сірки й води у складі водопаливної емульсії за наявності корозійних процесів;

- створення технологію комплексного використання паливно-енергетичних та водних ресурсів у суднових котлах, яка ґрунтується на поєднанні електродіалізної та кавітаційної обробки із кавітаційним впливанням на всі компоненти ще до їх змішування, що на думку здобувача,

дозволяє оптимізувати формування паливної композиції, підвищити повноту згоряння та зменшити викиди забруднюючих речовин.

Вважаю, що робота дисертанта є внеском у розвиток наукових основ і прикладних підходів до підвищення техніко-економічної, екологічної ефективності та надійності роботи котельних установок шляхом активації горіння водопаливних емульсій.

4. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у можливості безпосереднього впровадження її результатів на підприємствах, що займаються проектуванням та модернізацією котельного обладнання різного призначення. Зокрема, розроблено конструктивні рішення для промислових і опалювальних котлів, що працюють на водопаливній емульсії з вмістом води до 30 % та солей до 490 мг/дм³ з урахуванням знижених швидкостей низькотемпературної корозії; обґрунтовано умови мінімізації як низькотемпературної, так і високотемпературної корозії поверхонь нагріву; встановлено способи зменшення розмірів скрубєрів шляхом удосконалення підготовки ВПЕ та підвищення абсорбційної здатності димових газів; доведено ефективність зниження емісії NO_x за рахунок впорскування водяної пари; отримано математичні моделі для прогнозування утворення шкідливих речовин, що забезпечує комплексний підхід до підвищення екологічної ефективності енергетичних установок.

Результати дисертаційного дослідження впроваджені у філії ХЦКБ «Енергопрогрес»ТОВ «Котлотурбопром» (м. Харків) та передані для використання на кафедрі теплотехніки та енергоефективних технологій НТУ «ХП» в освітній програмі для здобувачів другого (магістерського) рівня.

5. Повнота викладення матеріалів дисертації в наукових працях, які опубліковані автором. За результатами дослідження дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць, з них у фахових наукових виданнях, рекомендованих ДАК Міністерства освіти і науки України – 4, наукових праць, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

– 9, з них 2 -у наукових конференціях, індексованих в наукометричній базі Scopus. Зазначене вище дозволяє стверджувати, що представлена дисертаційна робота є самостійним, завершеним науковим дослідженням, результати якого мають значення для вирішення актуальних задач підвищення енергоефективності та зниження екологічного навантаження при використанні альтернативних палив у теплотехнічних установках.

6. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Робота Колбасенка О.В. є завершеною науковою роботою, містить анотацію – українською та англійською мовами, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел і додаток.

Дисертація присвячена дослідженню процесів спалювання водопаливних емульсій та розробці інженерних рішень для їх ефективного застосування в котельних установках.

Об'єктом дослідження є фізико-хімічні процеси, що мають місце при спалюванні водопаливних емульсій в топкових камерах котельних установок.

У *першому розділі* проаналізовано методи підвищення ефективності та стійкості процесів спалювання водопаливних емульсій (ВПЕ) у низькочисельних топках. Наведено огляд сучасних підходів до організації горіння паливних сумішей із урахуванням вимог до екологічності та стабільності процесів, обґрунтовано переваги попереднього перемішування та впорскування водяної пари для зниження утворення оксидів азоту і придушення вібраційного горіння, охарактеризовано особливості горіння ВПЕ порівняно з іншими методами зволоження палива, наведено дані про вплив якості води та методів її попередньої обробки (електрохімія, озонування) на ефективність спалювання, розглянуто підходи до активації передполум'яних процесів, включаючи кавітаційне оброблення, використання активаторів і вплив низькотемпературної плазми, показано, що активація ВПЕ сприяє стабілізації полум'я та покращує запалення суміші.

У *другому розділі* представлено результати досліджень термоакустичних процесів, що супроводжують горіння попередньо

підготовленої ВПЕ в камері згорання. Зазначено, що вібраційне горіння має автоколивальний характер і пов'язане з мікрОВИбухами емульсійних крапель. Залежно від частот коливань, виділено кілька типів нестійкості, зокрема високочастотну, яка є найнебезпечнішою через можливість резонансу з власними частотами камери згорання. Її усунення пов'язане з контролем часу запалення, швидкості реакцій і теплових збурень. Описано ключові теоретичні підходи до аналізу таких коливань, підкреслено складність математичного моделювання через нелінійність і багатофакторність процесу. Відзначено як негативний вплив коливань на роботу котлів, так і їхні потенційні переваги — зокрема інтенсифікацію тепломасообміну. Проаналізовано поведінку крапель ВПЕ в умовах акустично пульсуючого середовища, причому підкреслене, що інтенсивне дроблення великих крапель унаслідок мікрОВИбухів сприяє рівномірнішому горінню та кращому використанню паливної суміші.

У *третьому розділі* розглянуто особливості розвитку корозії при спалюванні водопаливних емульсій, з урахуванням високотемпературних і низькотемпературних механізмів. Встановлено, що основну небезпеку становлять сполуки ванадію, натрію та хлору, а також продукти горіння сірки. Інтенсивність корозії залежить від температури металу, вологості середовища та концентрації агресивних речовин. Показано, що корекція складу емульсій, зокрема кавітаційна обробка, сприяє стабілізації рН і зменшенню корозійного впливу. Експерименти з вуглецевою та нержавіючою сталлю продемонстрували залежність швидкості корозії від солевмісту та надлишку повітря. Зі зменшенням вмісту солей високотемпературна корозія сповільнюється, тоді як низькотемпературна зазнає слабших змін через пасивацію поверхонь. Результати свідчать про економічну доцільність використання ВПЕ з водовмістом до 27 %, що дозволяє знизити витрати палива до 25 %.

У *четвертому розділі* запропоновано комплекс технічних рішень для підвищення ефективності та надійності спалювання ВПЕ з урахуванням низькотемпературної корозії. Досліджено застосування конденсаційних

поверхонь із вуглецевої та нержавіючої сталі, а також скруберів із хімічно стійкою насадкою. Експерименти показали можливість підвищення ККД до 99–100 %. Розроблено схему подвійного використання води з електродіалізу — для створення емульсій і зрошення скруберів, що знижує собівартість. Аналіз впливу вологості палива показав зменшення викидів NO_x більш ніж утричі. Запропонована кавітаційна підготовка підвищує ефективність абсорбції та дозволяє зменшити габарити скруберів у кілька разів. Створено рівняння для оцінки швидкості утворення відкладень і корозії залежно від параметрів палива й горіння. Загалом доведено доцільність комплексного підходу до підвищення ефективності та екологічної безпеки спалювання ВПЕ, результати якого можуть бути впроваджені в сучасні енергетичні системи без масштабної реконструкції.

Висновки, сформульовані у роботі, висвітлюють результати дослідження як вирішення висунутих в дисертації завдань. В цілому висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури досить широко охоплює предметне поле дослідження, певною мірою відображає опрацювання автором значної кількості вітчизняних та іноземних наукових джерел, зокрема з питань тепломасообміну, згоряння альтернативних палив, емульсійних систем, екологічної безпеки та корозійних процесів, що виникають при спалюванні високозольних палив.

Додаток містить інформацію про практичне впровадження результатів дисертації.

7. Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність отриманих результатів зумовлено поставленими метою та завданнями, а також використанням відповідної методології дослідження. Крім того, достовірність заявлених положень обґрунтовується комплексним підходом у вивченні визначеного об'єкта, що також зумовлює і низку певних методів, які були використані в процесі дослідження.

8. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень та результатів в опублікованих працях

Дисертація виконана з дотримання вимог академічної доброчесності, отримані результати дають підстави говорити про оригінальність роботи. У тексті містяться авторські ідеї, і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх роботи.

Основні наукові результати оприлюднено у 13 наукових публікаціях, з яких 4 — у фахових виданнях, включених до переліку ДАК МОН України, та 2 — у матеріалах міжнародних конференцій, що індексуються в базі Scopus. Це свідчить про достатню повноту представлення результатів дослідження в науковому просторі та про належний рівень апробації основних ідей, покладених в основу дисертації.

9. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. У роботі дослідження проводяться для сталей 20 та 1X18H10T, але не пояснюється, чому не розглядалися інші марки, актуальні для котельних установок (наприклад, 12X1МФ). Доцільно біло б додати обґрунтування вибору саме цих матеріалів.
2. Наведені залежності (наприклад, температури, швидкості корозії), які отримані експериментальним шляхом, але немає інформації про інструментальну або статистичну похибку вимірів. Також бракує інформації про критерії, які застосовувалися для перевірки адекватності отриманих регресійних рівнянь.

Слід відмітити, що ці зауваження істотно не впливають на зміст дисертаційної роботи та не знижують її наукової і практичної цінності.

10. Висновки

Дисертаційна робота Колбасенка О.В. є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну та дає перспективи подальших досліджень. Тема дослідження відповідає галузі знань 14 – «Електрична інженерія» та спеціальності 144 – «Теплоенергетика».

Отже, враховуючи актуальність теми, отримані результати та певну практичну значущість вважаю, що дисертаційна робота Колбасенка Олега Васильовича «Підвищення техніко-економічної, екологічної ефективності та надійності роботи котельних установок активацією горіння водопаливних емульсій» відповідає вимогам 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціальної вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2017 № 40, а сам автор, Колбасенко Олег Васильович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 144 «Теплоенергетика».

Рецензент – кандидат технічних наук,
доцент кафедри теплотехніки та
енергоефективних технологій Національного
технічного університету «Харківський
політехнічний інститут»

