

ВІДГУК

офіційного опонента

Редька Ігоря Олександровича

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,

галузь знань 14 Електрична інженерія

Актуальність теми. Використання в енергетичних установках водопаливних емульсій (ВПЕ) дозволяє частково замінити традиційні види вуглеводневого палива водою, що значно знижує їх загальну витрату. Це питання є особливо актуальним в сучасних умовах зростання вартості енергоносіїв та обмеженості їх доступності, в тому числі в Україні. Згідно існуючих даних, спалювання водопаливних емульсій дозволяє отримати: економію вуглеводневого палива (мазут, дизельне паливо) від 2 до 8 % в ДВЗ, а в котельних установках – від 2 до 20 %. Зменшення викидів токсичних оксидів для NO_x складає 25...45 %, SO_2 – 25...35 %, сажі – 60...80 %. Також при цьому спостерігається зниження інтенсивності корозійних процесів і забруднення поверхонь нагріву. Особливо актуальним є використання ВПЕ для спалювання важких залишкових сірчистих мазутів, бітуму, а також при знищенні нафтовмісних вод, що покращує показники роботи енергетичного обладнання та зменшує шкідливі викиди в довкілля.

В останній час значна увага приділяється електричним теоріям кавітаційних процесів. Суперечливі думки про можливості проходження мікробибухів в камерах згоряння (КЗ), впливу їх на процес горіння викликає необхідність проведення додаткових досліджень механізму згоряння ВПЕ, при якому забезпечується економія органічного палива. Тому сьогодні актуальними є дослідження процесів активації ВПЕ та її спалювання з метою розробки рекомендацій для оцінки якості підготовленої водопаливної емульсії, визначення максимального рівня тепловиділення і значення адіабатичної температури, оцінці інтенсивності теплообміну в топках котельних установок і конвективних поверхонь нагріву, ефективності спалювання емульсії та розробки уточненої методики розрахунку енергетичних установок з урахуванням особливостей процесу горіння при використанні емульсій.

Зв'язок роботи науковими програмами, темами. Результати, які лягли в основу дисертаційної роботи, були отримані під час виконання наукових досліджень за науково-дослідною темою № 0111U002309 «Теоретичні основи підвищення стійкості процесів горіння вуглеводневих палив в низькоемісійних камерах згорання 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.

Аналіз змісту дисертації. Дисертаційну роботу викладено на 152 сторінках, у тому числі 129 сторінок основної частини. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел із 115 найменувань та 3 додатків, містить 37 рисунків.

Дисертація написана грамотною технічною мовою з використанням сучасної наукової термінології. Викладення матеріалу є логічним та відповідає вимогам до наукових робіт. Зміст розділів чітко відповідає темі дисертації та повністю її розкриває.

У вступі обґрунтовано актуальність теми роботи, що пов'язана з проблемою використання водопаливних емульсій для підвищення енергоекологічної ефективності та надійності експлуатації котельного обладнання. Аналізуючи сучасний стан проблеми, показано, що існуючі дослідження не враховують весь комплекс параметрів, що впливає на процеси спалювання водопаливної емульсії. Визначені мета та задачі дослідження, наведено дані про її наукову новизну, практичне значення, апробацію результатів та публікації за темою роботи.

У першому розділі представлений аналіз джерел інформації з питань використання водопаливних емульсій в двигунах, газотурбінних та котельних установках. Проаналізовані фактори, що впливають на процес згорання водопаливних емульсій в порівнянні з традиційними способами підвищення якості горіння – упорскуванням водяної пари або введенням води в зону горіння. Проаналізовано вплив якості води на ефективність роботи енергетичних установок та методи її підготовки, показано необхідність застосування додаткових заходів для активації робочих процесів, у тому числі

кавітаційної обробки на стадії підготовки ВПЕ. Зазначається недостатня повнота інформації щодо визначення вимог до якості води для ВПЕ та параметрів робочих процесів при спалюванні емульсії за умов різного водовмісту.

У другому розділі розглянуто процеси вібраційного горіння та їх вплив на спалювання водопаливної емульсії. Розглянуто різні види вібраційного горіння та їх математичний опис. Визначені умови, за яких спостерігається позитивний вплив такого режиму горіння на інтенсифікацію теплообміну та зменшення шкідливих викидів у довкілля. Проаналізовані різні процеси перетворень водної фази ВПЕ, кожен з яких супроводжується різними закономірностями дроблення вихідних крапель палива.

Третій розділ присвячено дослідженням явища високо- та низькотемпературної корозії при спалюванні водопаливних емульсій. Представлено опис експериментальної установки та результати досліджень впливу мінеральної частини палива та води при спалюванні ВПЕ, температури поверхні металу та коефіцієнту надлишку повітря при різному солевмісті води для сталі 20 та 1X18H10T. Проведено порівняльний аналіз витрат ВПЕ та мазуту, отримано залежності швидкості високотемпературної та низькотемпературної корозії при різному солевмісті та коефіцієнті надлишку повітря. Шляхом обробки результатів експериментальних досліджень отримані регресійні рівняння, які дозволяють прогнозувати інтенсивність корозії при використанні ВПЕ та чистих палив, проведена оцінка погрешностей отриманих рівнянь.

У четвертому розділі запропоновані варіанти конструктивних рішень для промислових та утилізаційних котлів з установкою конденсаційних поверхонь нагріву з різних матеріалів. Запропоновано використання скрубєрних технологій із застосуванням конденсаційних поверхонь із насадкою з некорозійних матеріалів. Для суднових котельних установок обґрунтовано використання електродіалітичних технологій підготовки води, показана перевага їх використання. Розроблена схема технології комплексного використання паливно-енергетичних і водних ресурсів, особливістю якої є використання на етапах попередньої підготовки прісної води та палива кавітаційної обробки різної інтенсивності. Проведений аналіз впливу впорскування водяної пари на емісію шкідливих речовин при спалюванні ВПЕ у порівнянні з чистим паливом. За допомогою методів статистичної обробки даних отримано рівняння

багатовимірної регресії, що дозволяє визначити швидкість приросту забруднюючих речовин для спалювання ВПЕ з вмістом сірки до 30 %.

Ступінь обґрунтованості наукових положень дисертації, їх достовірності і новизни.

Достовірність основних наукових положень та отриманих у дисертації результатів підтверджується застосуванням сучасних методів дослідження та аналізу, зокрема методи комп'ютерного моделювання процесів спалювання водопаливної емульсії та підготовки її для практичного використання.

Представлені в дисертаційній роботі результати і наукові положення є достатньо науково обґрунтованими, зроблені висновки є достовірними. Науковий рівень результатів виконаних О.В. Колбасенко досліджень є достатнім для дисертації на здобуття ступеня доктора філософії.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:

– вперше на основі проведених експериментальних досліджень отримано рівняння 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;

– вперше запропоновано конструктивні рішення для компонування котельних установок з використанням скрубєрних технологій та надано рекомендації щодо вибору матеріалів, які забезпечують надійну роботу обладнання при температурі стінок нижче 70 °С за умов спалювання водопаливних емульсій та використання теплоти конденсації водяної пари та пари сірчаної кислоти;

– вперше запропоновано технологію комплексного використання паливноенергетичних 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 нафтомасловмісних вод перед змішуванням у кавітаторі;

– вперше отримано рівняння для визначення швидкості забруднення поверхонь нагріву котлів та газоходів, що враховує вплив коефіцієнта надлишку повітря, вмісту сірки та води у водопаливній емульсії при наявності корозійних процесів для широкого діапазону зазначених параметрів.

Повнота відображення основних положень дисертації в опублікованих роботах. За темою дисертації опубліковано 13 наукових робіт, в тому числі 4 статті у фахових виданнях України, 2 – у збірниках наукових конференцій, які індексуються у наукометричних базах Scopus і Web of Science, 7 тез доповідей у збірниках науково-технічних конференцій. Опубліковані матеріали достатньо повно висвітлюють основні положення роботи. Особистий внесок здобувача у публікаціях, виконаних у співавторстві, відображено у дисертації.

Значущість результатів дисертаційного дослідження для науки і практики.

Основні положення дисертаційного дослідження пройшли всі необхідні види апробації: вони широко опубліковані, використані на практиці та в освітньому процесі університету, обговорені на міжнародних наукових конференціях. Вони мають теоретичне і практичне значення для енергетичної галузі.

Практична цінність отриманих результатів полягає в можливості використання отриманих в дисертаційній роботі даних щодо особливостей експлуатації котельних установок при використанні в якості палива водомазутних емульсій з різним вмістом води на підприємствах, які спеціалізуються на роботах з проектування та модернізації котельного обладнання різного цільового призначення. При цьому:

- отримані шляхом обробки експериментальних даних рівняння для визначення інтенсивності високо- та низькотемпературної корозії дозволять здійснювати довгострокове прогнозування динаміки розвитку корозійних процесів при спалюванні водопаливних емульсій різного складу;

- надані рекомендації щодо можливого рівня температури стінок поверхней нагріву котлів для різних марок сталі з урахуванням вмісту сірки та солевмісту води для приготування емульсії;

- використання розроблених конструктивних рішень щодо компонування котельних установок з використанням скрубера з підігрівом повітря і підсушкою газів дозволить забезпечити майже 100 % утилізацію теплоти конденсації пари сірчаної кислоти і водяної пари при надійній роботі конденсаційних поверхонь котлів і їх газоходів при температурі стінок менше 70 °С при спалюванні водопаливної емульсії;

– запропонована технологія комплексного використання паливноенергетичних і водних ресурсів з електродіалізною обробкою води для отримання ВПЕ передбачає використання ділюату для кавітаційного приготування водопаливної емульсії та католіту для зрошення скрубєрів, що надає можливість використання теплоти конденсації пари H_2SO_4 і H_2O та забезпечує підвищення техніко-економічних та екологічних показників енергетичних установок;

– отримане рівняння багатовимірної регресії дозволяє прогнозувати інтенсивність забруднення поверхонь нагріву та газоходів котельних установок при використанні ВПЕ з урахуванням впливу комплексу параметрів

– коефіцієнту надлишку повітря, вмісту сірки та вологовмісту емульсії у широкому діапазоні, що відповідає реальним режимам роботи обладнання. Результати досліджень впроваджено (Додаток Б):

– в ХЦКБ «Енергопрогрес» ТОВ «Котлотурбопром» (м. Харків) при розробці методів розрахунків процесів спалювання ВПЕ в котельних установках;

– в навчальний процес кафедри «Теплотехніка та енергоефективні технології» Національного технічного університету «ХПІ».

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. У дисертаційній роботі О.В. Колбасенка не виявлено ознак академічного плагіату та інших порушень, які могли б поставити під сумнів самостійний характер виконаного дослідження та дотримання норм академічної доброчесності. Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Відповідність дисертації встановленим вимогам. Дисертація О.В. Колбасенка є завершеною науковою працею. За структурою, змістом, загальним обсягом та кількістю наукових публікацій дисертація відповідає вимогам, що висуваються Міністерством освіти і науки України для отримання ступеня доктора філософії, та є результатом науково-дослідної роботи, що характеризується належним методичним рівнем виконання та узагальнення.

Зауваження по дисертаційній роботі:

1. У загальних ВИСНОВКАХ немає конкретних положень та обґрунтування техніко-економічних рішень, екологічних показників та показників надійності.
2. У висновках по розділу 2 (стор. 63-64) не приводяться дані дослідів.
3. У розділі 3 дані по зниженню ваги дослідних зразків не приводяться, не надається методика вимірів показників корозії прямим та непрямим методом емнісного датчика.
4. Отримані результати не порівнювались з відомими літературними даними.
5. Обґрунтування явища мікрровибуху капель не є новим відкриттям.
6. У п.7 ВИСНОВКІВ наведено, що при ВПЕ 25-27 % економія складає 25 %, на жаль обґрунтування не приводиться.
7. У п.12 ВИСНОВКІВ вказано, що використання отриманих результатів при модернізації котельних «дасть змогу підвищити надійність роботи установок та їх економічні показники», не приведені дані підвищення надійності.
8. Використання скрубєрних технологій не являється новим і її використання недостатньо обґрунтовано.
9. У розділі 2 «Дослідження термоакустичних процесів при згоранні ВПЕ попередньо підготовленої емульсії» відсутній опис методики дослідження пульсаційного горіння ВПЕ. Не приводиться методика дослідження процесу нагріву капель ВПЕ до їх запалення (стор. 49), не приведені результати дослідження.
10. На рис 4.2 показана схема трисекційного мокрого скрубєра (стор. 116), але її опис і принцип роботи відсутні. Не вказано яка рідина використовується для уловлювання кислотних газів CO_2 , NO_x , SO_2 ? В роботі не надані температурні параметри в кожній секції та не обґрунтована ефективність уловлювання газів. Які енергетичні витрати в скрубєрі? Як відводяться уловлюванні гази в судовій енергетичній установці ?

Загальний висновок. Дисертаційна робота Колбасенка Олега Васильовича на тему «Підвищення техніко-економічної, екологічної ефективності та надійності роботи котельних установок активацією горіння

водопаливних емульсій» є завершеною науковою працею, у якій вирішено важливу науково-технічну задачу підвищення енергоефективності систем спалювання низькокалорійних видів палива та зменшення корозії в системах двигунів судових агрегатів. Також розглянута можливість зменшення шкідливих викидів в атмосферу.

Подана дисертаційна робота на тему «Підвищення техніко-економічної, екологічної ефективності та надійності роботи котельних установок активацією горіння водопаливних емульсій» відповідає спеціальності 144 – Теплоенергетика, відповідає вимогам до дисертацій на здобуття 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 Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року, а її автор Колбасенко Олег Васильович заслуговує присудження ступеня доктор філософії за спеціальністю 144 – Теплоенергетика.

Офіційний опонент

Професор кафедри теплотехніки,
теплових двигунів та енергетичного менеджменту
Українського державного університету
залізничного транспорту,
доктор технічних наук, професор



Ігор РЕДЬКО

Підпис доктора технічних наук, професора
Редька Ігоря Олександровича
засвідчую:

Особистий підпис
засвідчую 14.04.2025 р.
Завідуючий канцелярією
УкрДУЗТ
Світлана ЧЕЛОВІТКО