

В І Д Г У К

офіційного опонента Чейлитка Андрія Олександровича
на дисертаційну роботу Мумана Мохаммеда
на тему «Підвищення ефективності спалювання водовугільного палива
шляхом додавання відходів виробництва біодизеля», що подана на
здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 144 –
Теплоенергетика

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів з висновками по кожному розділу, загальних висновків, списку використаних джерел із 127 найменувань та 3 додатків. Основна частина дисертації викладена на 110 сторінках і містить 57 рисунків та 10 таблиць. Загальний обсяг роботи - 139 сторінок. Об'єм дисертації відповідає нормативним вимогам.

Актуальність теми.

Енергетична незалежність України вимагає підвищення використання власних енергетичних ресурсів, у тому числі вугілля, використання якого гальмується недостатніми вільними ресурсами енергетичного вугілля вітчизняного видобутку та зростанням частки низькосортного вугілля.

Одним з відомих напрямків, що дозволяють істотно розширити застосування вугілля різних марок, є отримання на їх основі водовугільного палива. При енергетичному використанні водовугільного палива можуть виникати проблеми із стабільністю займання і горіння в топкових агрегатах, пов'язані з його властивостями та особливостями. Перспективним напрямом розв'язання представленої ситуації може стати додавання до водовугільного палива замість води органічних відходів промисловості, у тому числі гліцерину, який утворюється при виробництві біодизеля. Для ефективного використання гліцерину в якості добавки до водовугільного палива потрібен розвиток досліджень щодо займання і горіння такого композиційного палива, визначення невідомих раніш особливостей його спалювання з урахуванням теплофізичних властивостей палива та умов теплообміну. Також важливо врахувати екологічні аспекти використання такого палива.

Таким чином, робота, спрямована на дослідження закономірностей займання і горіння водовугільного палива з додаванням гліцерину, а також теплофізичних властивостей такого палива та умов теплообміну, для визначення ефективних умов спалювання, є актуальною.

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

Робота виконана відповідно до наукових напрямів кафедри енергетичних систем та енергоменеджменту Національної металургійної академії України і є частиною досліджень, що проводились у рамках держбюджетних тем: «Наукове обґрунтування та розробка ефективних тепломасообмінних процесів в інноваційних металургійних технологіях» № 0115U003176, «Розробка інноваційної «зеленої» технології глибокої переробки вугілля з метою отримання термоантрациту та штучного графіту високої якості» № 0121U109528. Автор дисертації брав участь у виконанні наведених вище тем в якості співвиконавця.

Ступінь обґрунтованості наукових положень і висновків та їх достовірність.

Наукові положення і висновки наведені у дисертації отримані автором на основі глибокого теоретичного аналізу та експериментальних досліджень процесів спалювання водовугільного палива та тепломасообміну при термічному впливі на нього, сучасних уявлень про процеси теплообміну, гідродинаміки та кінетики взаємодії компонентів палива і окислювача. Достовірність досліджень забезпечувалась коректністю постановки задач, застосуванням фундаментальної теорії горіння та газифікації твердих паливних копалин та відомих закономірностей термодинаміки і тепломасообміну, використанням дослідницького обладнання, що пройшло держпівірку, використанням апробованих методик експериментальних досліджень та статистичною обробкою отриманих результатів.

Наукова новизна роботи та важливість одержаних результатів для науки і практики.

У дисертації розв'язано актуальну науково-технічну задачу, яка полягає у підвищенні енергоефективності процесу спалювання водовугільного палива шляхом додавання відходів виробництва біодизеля (гліцерину) з урахуванням експериментально визначених теплофізичних властивостей палива, знайдених закономірностей і доцільних умов займання та горіння палива із забезпеченням максимальної реалізації його енергетичного потенціалу та мінімізації негативного впливу на довкілля. Нові наукові результати отримані автором полягають в наступному:

Вперше експериментально визначено вплив вмісту гліцерину у водовугільному паливі з вугілля марки Д на теплоємність та коефіцієнт теплопровідності палива.

Отримали подальший розвиток відомості про закономірності впливу вмісту гліцерину в діапазоні (5...20) % мас. у водовугільному паливі на тривалість і температуру кожної стадії горіння, що дозволило визначити

раціональні умови, які забезпечують підвищення ефективності спалювання палива.

Набуло подальшого розвитку уявлення про закономірності теплообміну при примусовому русі водовугільного палива як неньютонівської рідини з урахуванням отриманих теплофізичних властивостей та вперше встановлено критеріальне рівняння подоби виду $Nu=f(Gz)$.

Отримали подальший розвиток відомості про закономірності утворення азото- та сірковмісних сполук у продуктах згоряння водовугільного палива в залежності від вмісту гліцерину у ньому та температури процесу, що дозволило визначити умови спалювання, які дозволяють зменшити негативний вплив на довкілля.

Практична цінність отриманих результатів полягає у:

Визначено раціональні параметри ефективного спалювання водовугільного палива з додаванням гліцерину, які забезпечують максимальну реалізацію енергетичного потенціалу даного палива зі зменшенням негативного впливу на довкілля.

Отримано вихідні дані та практичні рекомендації для проєктування теплообмінних апаратів для термічної активації водовугільного палива при температурі 150-200 °С (витрата, швидкість, температура теплоносіїв, площа теплообміннику).

Розроблені режимні параметри роботи випалювальних печей при використанні для їх опалення водовугільного палива з додаванням гліцерину передані для впровадження на ділянці виробництва вапна ТОВ «МЗ «Дніпросталь» (акт від 17.11.2020 р);

Матеріали дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі кафедри енергетичних систем та енергоменеджменту Національної металургійної академії України у курсі дисциплін «Тепломасообмін», «Спеціальні питання тепломасообміну», «Паливо та його спалювання» «Паливо та його спалювання», «Спеціальні питання тепломасообміну», при виконанні випускних робіт бакалаврів та магістрів зі спеціальністю 144 – Теплоенергетика (довідка про використання від 20.01.2021 р.).

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні експериментальних досліджень процесів займання та горіння водовугільного палива з додаванням гліцерину, його теплофізичних властивостей та теплообміну при примусовому русі палива, обробці, аналізу та узагальненню отриманих даних; у проведенні розрахунково-теоретичних досліджень закономірностей утворення сірко- та азотовмісних сполук при спалюванні водовугільного палива з додаванням та узагальненню отриманих даних.

Дисертаційна робота Мумана М. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагиату, самоплагиату, фабрикації, фальсифікації. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Всі результати, представлені в дисертаційній роботі, базуються на теоретичних і експериментальних дослідженнях, виконаних особисто і при безпосередній участі Мумана М.

Повнота викладення основних положень дисертації в опублікованих роботах. Основні результати досліджень дисертаційної роботи опубліковані у 9 наукових працях, в тому числі: 4 статі у виданнях, що індексуються у міжнародних науково-метричних базах Scopus або Web of Science (2 статті - в виданнях, віднесених до першого квартиля Q1, 2 статті - в виданнях, віднесених до третього квартиля Q3) та 5 матеріалів праць і тез науково-технічних конференцій

Основні результати дисертаційної роботи доповідалися на 7 наукових конференціях

Мова і стиль викладення матеріалів роботи.

Матеріали дисертації представлено логічно, з використанням сучасної наукової та технічної термінології, з додержанням вимог відповідних стандартів щодо оформлення матеріалів досліджень та технічних розробок.

АНАЛІЗ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У *Вступі* наведено обґрунтування актуальності роботи, визначені мета та задачі дослідження, наукова новизна та практичне значення одержаних результатів, надані відомості про публікації автора за темою дисертації, апробацію її результатів та особистий внесок автора. Обсяг та форма «Вступу» відповідають загальноприйнятим вимогам до дисертацій та достатні для ознайомлення з вихідними передумовами і змістом положень, що виносяться автором на захист.

Перший розділ присвячено аналізу споживання енергії у світі та в Україні, який показав, що вугілля грає важливу роль в світовому паливно-енергетичному балансі. При цьому в Україні за оцінками експертів на найближчі 30 років роки основним енергетичним ресурсом залишається вугілля.

Аналіз вугільної галузі показав, що серед вугільних технологій в енергетиці в світі поширені технології використання вугілля в вигляді водовугільного палива. При цьому, визначено аспекти, які стримують його повноцінне застосування для енергетичного використання.

Визначено напрямок підвищення ефективності спалювання водовугільного палива та отримання палива з необхідними властивостями,

який полягає у додаванні до водовугільного палива відходів виробництва біодизеля, а саме гліцерину. Не дивлячись на відомі науково-технічні розробки, автором виявлений брак закономірностей впливу додавання гліцерину до водовугільного палива на процеси займання та горіння водовугільного палива, його властивості та умови теплообміну.

На підставі виконаного аналізу наукових джерел сформульовано проблематику роботи та її інші ідентифікаційні ознаки (мета, завдання, об'єкт, предмет досліджень тощо). З точки зору наукової та практичної цінності ці аспекти цілком відповідають рівню вимог до дисертаційних робіт.

У другому розділі представлено результати експериментальних досліджень закономірностей займання і горіння окремої краплі водовугільного палива з додаванням гліцерину. Надані дані щодо експериментальної установки, похибки вимірювальних приладів, методики проведення експериментів.

В результаті експериментальних досліджень встановлено закономірності впливу вмісту гліцерину у кількості (5...20) % мас. на температурно-часові характеристики займання і горіння водовугільного палива з додаванням та ступінь вигорання горючої маси палива.

Також виконано детальний аналіз залежностей температури займання палива та часу до займання, максимальної температури палаючої краплі палива і часу досягнення цієї температури, часу повного горіння палива від вмісту гліцерину в паливі. За результатами експериментальних досліджень запропоновані відповідні зручні для використання емпіричні залежності.

Проведені дослідження дозволили автору зробити важливий практичний висновок про те, що додавання гліцерину до водовугільного палива позитивно впливає на процеси спалювання, а саме: зменшується час на нагрів і витрати на випаровування водної фази палива на (12,5...29) %; спостерігається менша нерівномірність температури навколо зразка палива, яка може призводити до загасання процесу горіння; скорочується час до займання палива на (3...21) % і температура займання знижується на (1,7...17) %; збільшується максимальна температура горіння на (1,7...6,3) %; підвищується теплота згорання палива на (25...30) %; збільшується ступінь вигорання горючої маси палива на (5...12) %; додавання гліцерину до водовугільного палива сприятливо відбивається на екологічних показниках процесу його спалювання.

Ці дані є суттєвими для розробки технологічних регламентів ефективного застосування водовугільного палива.

У третьому розділі представлено результати експериментальних досліджень коефіцієнту теплопровідності та теплоємності водовугільного палива з додаванням гліцерину у температурному діапазоні (50...150) °С.

Наведена інформація щодо методики проведення експерименту по визначенню коефіцієнта теплопровідності палива, опис комп'ютеризованої експериментальної установки, загальна похибка вимірювальних приладів.

Результати експериментальних досліджень виявлено суттєву різницю між значеннями коефіцієнта теплопровідності водовугільного палива з додаванням гліцерину, які отримані експериментальним шляхом і значеннями коефіцієнта теплопровідності палива, розрахованих шляхом використання закону адитивності (різниця складає від 30 % до 40 %).

Аналогічне дослідження на основі калориметричного методу з використанням експериментальної установки проведено для визначення теплоємності водовугільного палива з додаванням гліцерину. Надані дані щодо методики проведення експерименту та обробці даних.

Показано, що водовугільного палива з гліцерином не може бути розрахована з використанням закону адитивності (експериментальні значення теплоємності і розраховані згідно із законом адитивності відрізняються більш ніж у два рази).

За результатами експериментальних досліджень теплофізичних властивостей водовугільного палива отримані емпіричні залежності для визначення коефіцієнтів теплопровідності і теплоємності палива, що враховують вміст гліцерину і температуру.

Представлені дані можуть бути оцінені як новий вклад у визначення фундаментальних залежностей теплофізичних властивостей водовугільного палива від його фізико-хімічного стану та температурних умов використання.

У *четвертому розділі* представлено результати експериментальних досліджень теплообміну при вимушеному русі водовугільного палива в горизонтальній трубі.

Надані дані щодо складу та застосування експериментальної установки, похибки вимірювальних приладів, методики обробки отриманих експериментальних даних.

В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено значення коефіцієнта тепловіддачі водовугільного палива при його русі та нагріві. Отримані результати експериментальних досліджень об'єднані з даними інших авторів та оброблені з використанням теорії подоби і виконано узагальнення результатів у вигляді критеріального рівняння виду $Nu = f(Gz)$.

Отримане рівняння застосовано для розрахунку теплообмінного апарату, призначеного для попередньої термічної активації водовугільного палива, що дало можливість сформулювати практичні рекомендації для проектування теплообмінних апаратів.

У *Висновках* автором відображено основні науково-технічні здобутки дисертаційної роботи. Висновки роботи відповідають завданням дослідження та змісту дисертаційної роботи.

ЗАУВАЖЕННЯ ПО ДИСЕРТАЦІЙНІЙ РОБОТІ

1. У першій главі дисертаційної роботи потрібно було б більше уваги приділити питанням одержання, складу, фізичним і хімічним властивостям гліцеринової фази, яка утворюється при виробництві біодизелю, та існуючим напрямом її використання.

2. З тексту другого розділу дисертаційної роботи не зрозуміло, як визначалась ступінь вигорання горючої маси водовугільного палива χ .

3. В дисертаційній роботі наведено результати досліджень займання та горіння крапель водовугільного палива розміром 1 мм та 5 мм. Який розмір крапель водовугільного палива в реальних умовах і можливо використовувати отримані результати для опису реальних процесів?

4. При експериментальному дослідженні коефіцієнта теплопровідності водовугільного палива чи враховувався вплив виділення летких палива і яким чином?

5. В роботі не наведено пояснень яким чином визначалось досягнення стаціонарного режиму при натурному експерименті та чисельному моделюванні при дослідженні коефіцієнту теплопровідності водовугільного палива.

6. З тексту четвертого розділу дисертаційної роботи не ясно, що з себе представляє теплообмінний апарат для попередньої термічної активації водовугільного палива?

7. В дисертаційній роботі доцільно б було навести економічну оцінку використання водовугільного палива з додаванням гліцерину.

ВИСНОВКИ ОПОНЕНТА

Дисертаційна робота Мумана Мохаммеда є завершеною науково-дослідною роботою, в якій автором отримано нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, які в сукупності є суттєвими для розв'язання актуальної задачі підвищення ефективності спалювання водовугільного палива шляхом додавання відходів виробництва біодизеля з урахуванням теплофізичних властивостей палива та особливостей теплообміну.

Сформульовані в роботі наукові положення, висновки і рекомендації достатньо обґрунтовані, а їх вірогідність та новизна не викликають сумніву.

Структурування, оформлення та логічна побудова дисертаційної роботи відповідають сучасним вимогам, а стиль викладення матеріалу доступний та легкий для сприйняття.

Основні наукові положення, висновки та рекомендації цієї роботи адекватно відображені в публікаціях автора у міжнародних наукових виданнях. Матеріали дисертації були у достатній мірі представлені на конференціях державного та міжнародного рівнів.

За напрямом обраних і вирішених аспектів дисертаційна робота відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми Національної металургійної академії України зі спеціальності 144 – Теплоенергетика.

Вказані у відзиві зауваження мають частковий, здебільшого – дискусійний характер, не зменшують цінності основних наукових положень, висновків і рекомендацій, що захищаються дисертантом, і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Вважаю, що дисертаційна робота Мумана Мохаммеда на тему «Підвищення ефективності спалювання водовугільного палива шляхом додавання відходів виробництва біодизеля», що подана на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальністю 144 – Теплоенергетика, за своїми науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 9, 10, 11, 12 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 р. №167 «Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії» зі змінами (Постанова Кабінету Міністрів України від 21 жовтня 2020 р. №979), а її автор заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії зі спеціальністю 144 – Теплоенергетика.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри теплоенергетики та гідроенергетики
Запорізького національного університету
МОН України


А.О. Чейлитко


Підпис
засвідчує А.О.

НАЧАЛЬНИК
БІДВІДУ РАДРІВ



 А.О. Чейлитко