

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу М.О. Іванова,
**«Випаровування та горіння крапель альтернативних
та комбінованих палив»**

подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 104 «Фізика і астрономія»
кандидата фізико – математичних наук, доцента

Орловської Світлани Георгіївни

Дисертаційна робота присвячена дослідженню фізичних закономірностей випаровування, займання та горіння багатокомпонентних рідких палив, насамперед водопаливних емульсій, а також встановленню особливостей їх поведінки за умов дії височастотного електричного розряду. Тематика дослідження є актуальною як з погляду розвитку сучасної теплофізики та фізики горіння, так і у зв'язку з необхідністю створення енергоощадних та екологічно безпечних технологій використання альтернативних палив і утилізації рідких органічних відходів.

Проблематика, обрана здобувачем, характеризується комплексністю та міждисциплінарністю. Процеси випаровування й горіння водопаливних емульсій визначаються одночасною дією теплових, гідродинамічних, фазових та фізико-хімічних чинників, а тому потребують поєднання експериментальних досліджень із теоретичним аналізом. Саме такий підхід покладено в основу дисертаційної роботи, що дозволило автору не лише отримати нові експериментальні результати, а й запропонувати їх фізичне пояснення та довести окремі положення до практичного використання.

Позитивною рисою дисертації є її чітка внутрішня логіка. Дослідження побудоване таким чином, що кожний наступний етап природно впливає з попереднього. Спочатку автор аналізує фізичні властивості водопаливних емульсій, визначає закономірності зміни їх густини та в'язкості залежно від складу і температури, після чого переходить до дослідження умов займання, процесів випаровування окремих крапель, механізмів розвитку мікровибухів та завершує роботу аналізом умов факельного спалювання емульсій у модельній камері згоряння. Така послідовність забезпечує цілісність дослідження і свідчить про системний підхід автора до розв'язання поставлених задач.

Важливе місце у роботі займають дослідження фізичних властивостей водомазутних емульсій. Автором встановлено закономірності зміни реологічних характеристик залежно від температури та концентрації водної фази, показано вплив цих параметрів на процеси підготовки палива до спалювання. Особливий інтерес становить висновок про необхідність нагрівання емульсії до температур, що перевищують температуру підігріву

базового пального. Такий підхід створює умови для формування нерівноважного перегрітого стану середовища, який може бути використаний для інтенсифікації процесів диспергування. Цей результат має не лише фундаментальне, але й безпосереднє прикладне значення для розроблення технологій підготовки високов'язких емульсійних палив.

На позитивну оцінку заслуговує розроблений автором аналітичний підхід до визначення температур займання бінарних розчинів легкозаймистих речовин. Методика ґрунтується на фізично обґрунтованому припущенні про реалізацію стехіометричного співвідношення між компонентами парогазової суміші в зоні займання та враховує температурну залежність основних теплофізичних параметрів. Важливо, що запропонований підхід пройшов експериментальну перевірку і продемонстрував достатню точність для широкого діапазону концентрацій водної фази. Це свідчить про можливість його використання не лише для інтерпретації експериментальних результатів, але й для інженерних розрахунків під час проєктування паливних систем.

Окремої уваги заслуговує розвиток експериментальної методики дослідження горіння крапель водопаливних емульсій. Запропоноване використання поруватої керамічної кульки дозволило забезпечити стабільність геометрії досліджуваної краплі, мінімізувати неконтрольований тепловідвід та отримати відтворювані умови перебігу процесу горіння. Використання такої методики дало можливість детально дослідити механізми переходу від звичайного випаровування до розвитку мікрОВИбухових процесів, а також створило передумови для подальшої експериментальної перевірки моделей горіння емульсійних палив.

Найбільш вагомою частиною дисертаційної роботи є дослідження процесів випаровування водопаливних емульсій під дією високочастотного електричного розряду. Автором експериментально встановлено, що процес має двостадійний характер і включає етап інертного прогріву та подальший пульсаційний режим випаровування. Детально проаналізовано вплив складу емульсії, потужності електричного розряду та умов теплопідведення на характеристики цього процесу. Отримані результати суттєво доповнюють сучасні уявлення про фізичні механізми тепломасообміну в багатокомпонентних краплях.

Особливо цінним є встановлення взаємозв'язку між структурою емульсії та характером розвитку внутрішніх парових утворень. Показано, що механізм мікрОВИбухового руйнування істотно змінюється залежно від співвідношення компонентів емульсії: від розвитку окремої великої парової бульбашки до формування багатобульбашкової пінистої структури. Такий результат не лише поглиблює фізичне розуміння процесів випаровування, але й може бути використаний під час вибору оптимального складу емульсійних палив для практичного застосування.

Позитивної оцінки заслуговує також прагнення автора поєднати експериментальні дослідження з фізико-математичним моделюванням. Запропоновані моделі не існують відокремлено від експерименту, а використовуються для пояснення отриманих закономірностей та визначення меж їх застосування. Такий підхід підвищує переконливість сформульованих висновків і свідчить про достатньо високий рівень теоретичної підготовки здобувача.

Практична спрямованість дисертації проявляється у завершальному етапі роботи, де експериментально підтверджено можливість використання водомасляних емульсій як альтернативного палива. Автором визначено умови стійкого горіння емульсій із високим вмістом води, досліджено вплив режимів подачі палива та вторинного повітря на характеристики факела, а також показано, що енергетичні витрати на ініціювання процесу горіння є незначними порівняно із загальним тепловиділенням. Отримані результати можуть бути використані під час розроблення технологій термічної утилізації нафтовмісних відходів і створення сучасних енергоефективних пальникових пристроїв.

Загалом дисертаційна робота справляє позитивне враження. Вона характеризується актуальністю тематики, належним рівнем постановки експерименту, комплексним використанням сучасних методів дослідження та достатнім рівнем теоретичного узагальнення отриманих результатів. Представлені в роботі висновки є логічно обґрунтованими, узгоджуються з наведеними експериментальними даними та підтверджують досягнення поставленої мети дослідження.

Матеріали дисертації достатньою мірою апробовані на профільних конференціях: 6 тез конференцій. Результати представлені в достатній кількості в наукових фахових виданнях за спеціальності «Фізика та астрономія» - 12 статей, в тому числі 1 стаття в Українському фізичному журналі, що входить до наукометричних баз Scopus та Web of Science.

Разом із тим окремі положення дисертації можуть бути предметом подальшого наукового обговорення. Зокрема:

- 1) Доцільно було б більш детально проаналізувати межі застосовності запропонованих математичних моделей для паливних композицій іншого складу, а також розширити експериментальні дослідження щодо впливу дисперсності емульсій на характеристики їх займання та горіння.
- 2) На основі експериментів по визначенню в'язкості емульсій показано, що температура підігріву емульсії повинна перевищувати температуру нагріву базового пального. Тут можна було б запропонувати певний критерій.
- 3) Втрата матеріалу краплі в режимі випаровування внаслідок мікровибуху та «пихтіння» детально не обговорюється. Як оцінити вплив втрати

матеріалу краплі на процес випаровування? Результат виглядає хаотичним. Однак в моделі ця величина приймається сталою.

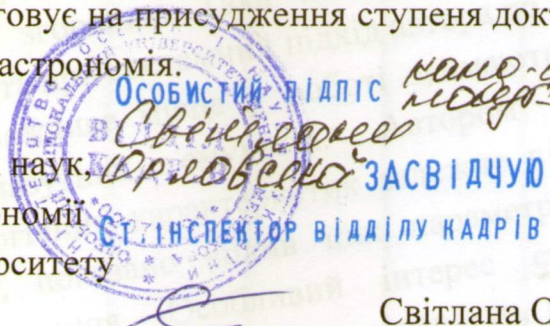
- 4) Одним із результатів роботи є встановлення того, що швидкість випаровування індивідуальних рідин залежить від відстані між електродом і термopарою, на якій знаходиться крапля, та досягає максимуму на певному значенні. Таким чином це потрібно було враховувати при моделюванні. Однак і тут теплова потужність розряду приймалася сталою протягом всього процесу.
- 5) В залежності від складу емульсій характер і період пульсацій розміру крапель при дії високочастотного розряду визначалися різними причинами. Однак представлена в роботі експериментальна залежність періоду пульсацій від складу емульсій (рис. 3.6) позбавлена узагальненої кривої чи області відповідних значень. Можливо, це говорить про недостатню кількість експериментальних точок.

Проте наведені зауваження мають рекомендаційний характер і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

У цілому дисертаційна робота є завершеним самостійним науковим дослідженням, виконаним на належному теоретичному й експериментальному рівні. Отримані результати характеризуються науковою новизною, мають практичне значення та роблять вагомий внесок у розвиток фізики тепломасообмінних процесів, горіння багатокomпонентних рідких палив і технологій використання альтернативних енергетичних ресурсів.

Аналіз представленого до розгляду матеріалу дисертації з урахуванням актуальності, новизни, наукової цінності, практичного значення, обґрунтованості, достовірності та значимості отриманих результатів свідчить, що робота Іванова Михайла Олександровича «Випаровування та горіння крапель альтернативних та комбінованих палив» є актуальною, цілісною та завершеною науковою працею, яка відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (3 наступними змінами) та «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 12.01.2022 р. Здобувач Іванов Михайло Олександрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 Фізика та астрономія.

Кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри фізики та астрономії
Одеського національного університету
імені І.І. Мечникова



Світлана ОРЛОВСЬКА