

Голові разової спеціалізованої вченої ради Одеського національного університету імені І. І. Мечникова
Гуцульському Володимирі Яковичу,
доктору фізико-математичних наук,
професору, завідувачу кафедри фізики та астрономії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова

ВІДГУК

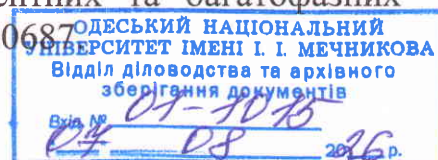
офіційного опонента **Полетаєва Миколи Івановича** на дисертаційну роботу **Іванова Михайла Олександровича** «**Випаровування та горіння крапель альтернативних та комбінованих палив**» поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 10 – Природничі науки за спеціальністю 104 -«Фізика та астрономія».

Актуальність теми дисертації

Дисертаційна робота Іванова М.О. присвячена дослідженню фізичних процесів випаровування та горіння альтернативних і комбінованих рідких палив, насамперед водопаливних емульсій, а також встановленню закономірностей їх займання та особливостей тепломасообміну за різних способів енергетичного впливу. Робота виконана на стику теплофізики, фізики горіння, фізики багатофазних середовищ та прикладної енергетики і є актуальною як з наукової, так і з практичної точки зору.

Актуальність роботи зумовлена важливістю впровадження новітніх технологій в енергетику. Сьогодні проблема підвищення ефективності використання рідких палив тісно пов'язана із необхідністю зменшення шкідливих викидів, розширення паливної бази за рахунок використання альтернативних джерел енергії та залучення до енергетичного балансу вторинних паливних ресурсів. Одним із перспективних напрямів вирішення цієї проблеми є застосування водопаливних емульсій, які поєднують можливість зниження екологічного навантаження із підвищенням ефективності процесів розпилювання та спалювання завдяки розвитку внутрішніх мікрровибухових процесів. Разом із тим фізичні механізми випаровування, займання та горіння таких систем, особливо за умов зовнішнього енергетичного впливу, досі залишаються недостатньо дослідженими. Саме на розв'язання цього кола питань і спрямована дисертаційна робота.

Актуальність обраної теми дисертаційного дослідження підтверджується і тим, що вона виконувалася в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи Міністерства освіти і науки України: «Розвиток фізичних основ інтенсифікації процесів спалювання газоподібних, твердих та рідких вуглеводневих палив» (2022- 2024рр.) № держ. реєстрації 0122U001799; та кафедральної теми «Теплофізичні та хімічні процеси в багатокомпонентних та багатофазних середовищах» (2022-2026) № держ. реєстрації 0122U000687.



Наукова новизна результатів, отриманих в дисертаційній роботі

Наукова новизна дисертації визначається сукупністю отриманих результатів, серед яких слід відзначити:

- розвиток аналітичного підходу до визначення температур займання бінарних рідких систем;
- встановлення нових закономірностей випаровування водопаливних емульсій під дією височастотного електричного розряду;
- розроблення фізико-математичної моделі пульсаційного режиму випаровування емульсійних крапель;
- удосконалення експериментальних методик дослідження процесів горіння рідких палив.

При цьому цінність виконаної роботи полягає не лише у кожному окремому результаті, а й у тому, що вони взаємно доповнюють один одного, формуючи завершену систему знань про досліджувані процеси.

Практичне значення результатів роботи

Практичне значення дисертаційної роботи також не викликає сумнівів. Запропоновані підходи можуть бути використані при розробленні сучасних технологій спалювання альтернативних палив, модернізації пальникових пристроїв, утилізації рідких органічних відходів, а також під час створення нових систем підготовки водопаливних емульсій до спалювання. Окремі результати роботи можуть знайти застосування і в подальших фундаментальних дослідженнях процесів тепло- та масопереносу у багатокомпонентних дисперсних системах.

Загальна характеристика дисертаційної роботи

Важливою перевагою виконаного дослідження є його комплексний характер. Автор не обмежився аналізом окремих фізичних явищ, а послідовно простежив взаємозв'язок між фізичними властивостями паливних емульсій, процесами їх займання, особливостями випаровування одиничних крапель, механізмом виникнення мікрровибухів та умовами практичної реалізації ефективного факельного горіння. Такий підхід дозволив отримати цілісне уявлення про процеси, що визначають поведінку багатокомпонентних рідких палив, та забезпечив логічну завершеність виконаної роботи.

Дисертаційна робота складається зі вступу, розділу з оглядом літератури та трьох розділів основної частини, у яких викладені результати досліджень дисертанта, а також загальних висновків, переліку використаних літературних джерел. Загальний обсяг дисертації становить 118 сторінок, обсяг основного тексту – 101 сторінок. Робота містить 39 рисунків та 12 таблиць. Список використаних джерел складається зі 96 найменувань.

У *вступі* визначено актуальність теми, мету, об'єкт і предмет дослідження, сформульовано завдання, наведено методи дослідження, наукову новизну, практичне значення, особистий внесок автора та відомості про апробацію результатів.

Перший розділ присвячено опису існуючих методів та світового доробку в дослідженні випаровування та горіння емульсій і бінарних рідких розчинів.

Описано теоретичні та емпіричні підходи в визначенні температури займання індивідуальних рідин. Робиться акцент на відсутності аналітичних підходів в визначенні бінарних та водяних розчинів.

В другому розділі наводяться експериментальні дослідження в'язкості водо-паливних емульсій. Описано методіку аналітичного розрахунку температури займання бінарних розчинів легкозаймистих речовин, в тому числі і їх водних розчинів. Використано метод поруватої сфери для порівняння швидкості горіння водо-паливних емульсій. Серед результатів цього розділу насамперед слід відзначити розвиток аналітичного підходу до визначення температур займання бінарних рідких систем. Незважаючи на значну кількість робіт, присвячених температурам займання індивідуальних горючих рідин, для багатокомпонентних сумішей універсальні фізично обґрунтовані її оцінювання практично відсутні. Позитивної оцінки заслуговує і розвиток експресного методу визначення швидкості вигорання рідких палив із використанням пористих термостійких носіїв. Запропонований підхід відзначається простотою реалізації, потребує незначної кількості досліджуваної речовини та забезпечує достатню відтворюваність результатів.

В третьому розділі описано експериментальні та теоретичні результати по випаровуванню крапель чистих рідин та емульсій при дії високочастотних електричних розрядів. Дослідження процесів випаровування та горіння одиничних крапель водопаливних емульсій за умов дії високочастотного електричного розряду складають основу дисертаційної роботи. На відміну від традиційних підходів, де основна увага приділяється лише тепловому балансу краплі або кінетиці її випаровування, автор досліджує вплив високочастотного стримерного розряду на всю сукупність фізичних процесів, що відбуваються всередині емульсійної системи. Важливим результатом дисертації є побудова фізико-математичної моделі нагрівання емульсійної краплі в полі високочастотного електричного розряду. Запропонована модель дозволяє пояснити закономірності виникнення парових включень, розвиток пульсаційного режиму випаровування та механізм переходу до мікрОВибухового руйнування краплі. У результаті вдалося показати, що електричний розряд не тільки забезпечує додаткове енергопідведення, а й істотно змінює механізм руйнування краплі, інтенсивність внутрішнього пароутворення та характер подальшого горіння паливної композиції. Показано, що високочастотний розряд якісно не впливає на поведінку краплі індивідуальної рідини. В залежності від складу краплі якісна поведінка при випаровуванні краплі різна. Однак, особливістю є виникнення пульсацій діаметру. Це відбувається як і при знаходженні краплі в нагрітому повітрі, так і в повітрі кімнатної температури при дії високочастотного електричного розряду.

В четвертому розділі продемонстровані результати натурних випробувань по факельному горінню водопаливних емульсій з великим вмістом води при дії в факелі розпису високочастотного електричного розряду. Експериментально підтверджено можливість використання водо-масляних емульсій як альтернативного палива, зокрема із застосуванням води низької якості, що створює передумови для утилізації нафтошламів термічним методом. Горіння емульсій з вмістом води 50–70 % можливе за наявності високочастотного електричного розряду та незначної підтримки дизельним

пальним, а при достатньому прогріві камери згоряння — і без додаткового факела.

Загальні висновки узгоджуються з метою та завданнями роботи і відображають основні результати виконаного дослідження.

Позитивне враження справляє також поєднання в роботі експериментальних досліджень із теоретичним аналізом. Практично всі основні положення дисертації ґрунтуються не лише на результатах вимірювань, але й супроводжуються фізичною інтерпретацією встановлених закономірностей, аналітичними оцінками або математичним моделюванням.

Достовірність результатів дослідження

Достовірність одержаних результатів забезпечується коректним використанням сучасних експериментальних методів дослідження, застосуванням апробованих методів математичного моделювання, достатнім обсягом експериментального матеріалу та узгодженням отриманих результатів із сучасними теоретичними уявленнями і відомими літературними даними. Висновки дисертації є логічними, достатньо аргументованими та впливають із наведених у роботі результатів.

Апробація результатів та повнота викладання в опублікованих працях.

Основні результати дисертації достатньо повно відображені в опублікованих наукових працях автора. Серед них є 1 стаття в журналі, що входить до бази Scopus та Web of Science, 11 статей в фахових виданнях України. Більшість робіт у співавторстві. Однак кількість і рівень публікацій відповідають вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, а їх зміст адекватно відображає основні положення та результати проведених досліджень. Результати роботи представлялися на шести міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях. Зміст публікацій відповідає основним результатам дисертації та забезпечує належний рівень їх оприлюднення.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За змістом дисертаційна робота Іванова М. О. відповідає спеціальності 104 «Фізика та астрономія» та є завершеним дослідженням, у якому встановлено закономірності випаровування та горіння крапель альтернативних та комбінованих палив.

Особистий внесок здобувача простежується в аналізі наукової літератури, підготовці досліджуваних систем, участі в експериментальних дослідженнях, обробці, інтерпретації результатів та підготовці їх до опублікування. Особисто здобувачем було отримано вираз для температури займання бінарних розчинів. Було зроблено переважну частину експериментальних досліджень по випаровуванню і горінню крапель емульсій в повітрі кімнатної температури при дії високочастотних електричних розрядів. У спільних публікаціях внесок здобувача наведено окремо.

Ознайомлення з текстом дисертації свідчить про самостійний характер виконаної роботи. Запозичені положення, результати та дані інших дослідників

супроводжуються бібліографічними посиланнями. Підстав ставити під сумнів дотримання здобувачем принципів академічної доброчесності не виявлено.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Разом з тим, як і будь-яке завершене наукове дослідження, дисертаційна робота не позбавлена окремих дискусійних положень і зауважень:

1. Важливим фактором життя емульсії є час розшарування. Однак таких досліджень практично не проводилися. Візуального спостереження за границею розділу явно не достатньо.

2. Дослідження температури займання проведені для бінарних сумішей і вказується, що це важливо і для емульсій. А подібних досліджень не проведено. Хоча б експериментально.

3. Основна дія високочастотного електричного розряду в моделі є тепловою. Але відомо, що такий розряд здатний проводити іонізацію середовища, що суттєво може впливати на процеси всередині краплі. Вплив іонізації упущено.

4. Основною відмінністю експериментальних і модельних результатів по пульсаційному випаровуванню крапель емульсій є вдавана якісна картина пульсацій. Так в моделі при пульсації всі парові бульбашки збільшуються одночасно і викид пару відбувається одразу зі всієї краплі. В експерименті видно, що парові бульбашки збільшуються незалежно одна від одної. Тому пульсації виглядають як хаотичний процес, а не періодичний.

5. Для здійснення мікровибуху при діє електричного розряду важливим є його потужність. В роботі показано, що в умовах натурного експерименту, начебто, його дія позитивно впливає на згорання емульсій з великим вмістом води. Однак окремих детальних досліджень при розрядах з великою потужністю не проведені.

6. Чи перевірявся вплив параметрів генератора Тесла (напруго, частота генерації) на характеристики пульсаційного випаровування та горіння емульсій?

7. При практичному використанні технології Plasma Assisted Combustion для спалювання емульсії з високим вмістом води потрібні додаткові затрати енергії на приготування емульсії та для живлення генератора потужних високочастотних коливань (генератор Тесла).. При певних умовах ці затрати можуть перевищувати енергію горіння емульсії.. Чи оцінювались такий баланс енергії в четвертому розділі роботи? Чи є тоді сенс використовувати цю технологію?

Зазначені зауваження не мають принципового характеру, не впливають на загальну позитивну оцінку виконаного дослідження та можуть бути предметом подальших наукових дискусій.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Іванова Михайла Олександровича на тему «Випаровування та горіння крапель альтернативних та комбінованих палив» є завершеним самостійним науковим дослідженням, яке за актуальністю теми, її науковою

новизною, обґрунтованістю і достовірністю результатів, що мають теоретичне та практичне значення, повнотою оприлюднення та загальним рівнем виконання, відповідає вимогам до наукової кваліфікації ступеня доктора філософії, що встановлені «Порядком 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 від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами), а її автор, Іванов Михайло Олександрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 10 Природничі науки за спеціальністю 104 Фізика та астрономія.

Офіційний опонент:

доктор фізико-математичних наук, професор,
професор кафедри технічної
кібернетики й інформаційних технологій
ім. професора Р.В. Меркта
Одеського національного
морського університету

М.І. Полетаєв



М.І. Полетаєв
С.погребняк