

ВІДГУК

офіційного опонента професора Дешка В.І.

на дисертаційну роботу

РОКИТЬКА КОСТЯНТИНА ВОЛОДИМИРОВИЧА

**“МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ У МІКРОФАКЕЛЬНИХ
ПАЛЬНИКАХ З АСИМЕТРИЧНИМ ПАЛИВОРОЗПОДІЛОМ”,**

що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

за спеціальністю 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова

теплоенергетика

1. Актуальність теми.

Розробка прогресивних технологій спалювання палива та сучасних надійних і довговічних пальникових пристроїв відкриває можливості підвищення ефективності теплоенергетичних установок, зниження рівня токсичних викидів тощо. Одним з перспективних напрямів організації спалювання палива у вогнетехнічних об'єктах різного призначення є застосування технологій, заснованих на використанні процесів мікрофакельного горіння, яке досягається подрібненням факелу на окремі огнища. Відповідні мікрофакельні пальникові пристрої характеризуються високим ступенем гомогенізації зони горіння, покращеними стабілізаційними властивостями, низьким рівнем втрат тиску на пальнику тощо. До перспективних модифікацій таких пристроїв належать пальники з асиметричною подачею палива, орієнтовані на експлуатацію за умов відносно високих значень коефіцієнта надлишку повітря. Наразі виникає необхідність у системних дослідженнях теплофізичних аспектів процесів горіння в таких пальникових пристроях, включаючи широке використання засобів математичного і комп'ютерного моделювання.

Дисертацію присвячено науково-технічному обґрунтуванню технології спалювання палива в пальникових пристроях мікрофакельного типу з асиметричним паливорозподілом, призначених для застосування при відносно великих значеннях коефіцієнта надлишку повітря.



Зважаючи на вищесказане можна зробити висновок, що дисертаційна робота є актуальною як у науковому, так і в практичному аспектах.

Дисертаційну роботу виконано в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт.

2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень.

Обґрунтованість та достовірність наукових висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, доведено наступними ключовими положеннями роботи:

- застосуванням сучасних розрахункових методик та методик математичного і комп'ютерного моделювання, які базуються на критичному аналізі та систематизації даних щодо фізичних ефектів в процесах спалювання газоподібного палива.

- коректністю фізичних припущень та відповідністю основних висновків роботи фізичній суті досліджуваних явищ;

- задовільним узгодженням отриманих результатів розрахунків з відповідними експериментальними даними та теоретичними результатами інших авторів.

- апробацією результатів роботи на міжнародних наукових конференціях;

- впровадженням та успішною перевіркою на практиці результатів роботи.

Всі розділи дисертаційної роботи мають чітку структурну організацію, логічно взаємопов'язані, змістовно підпорядковані сформульованій меті дослідження.

3. Наукова новизна роботи.

В загальному вигляді ключові результати, які розкривають наукову новизну дисертаційної роботи, можна викласти наступним чином:

- Уперше для мікрофакельних пальникових пристроїв з асиметричним паливорозподілом встановлено закономірності ізотермічної течії і

сумішоутворення палива та окиснювача у відносно широкому діапазоні зміни визначальних параметрів.

- Уперше виконано порівняльний аналіз структури течії у пропонуваніх пальникових пристроях за ізотермічних умов та для реагуючих потоків.

- Уперше виявлено основні закономірності формування температурних полів в зоні горіння та вигорання палива в досліджуваних пальникових пристроях.

- Уперше досліджено можливість регулювання характеристик пропонуваніх пальників шляхом зміни співвідношення витрат первинного і вторинного повітря та визначено раціональні значення даного співвідношення для різних величин загального коефіцієнта надлишку повітря.

- Уперше встановлено ефекти впливу розташування місця подачі вторинного повітря у полум'я на характеристики досліджуваних пальникових пристроїв.

- Уперше встановлено залежність основних характеристик пальникових пристроїв від параметра системи паливорозподілу, яким визначається розташування газоподавальних отворів відносно зривної кромки стабілізатора полум'я.

4. Практичне значення роботи.

Визначено раціональні конструктивні параметри пропонуваніх пальникових пристроїв з асиметричним паливорозподілом, орієнтованих на експлуатацію при відносно високих значеннях коефіцієнта надлишку повітря; обґрунтовано застосування різних засобів впливу на характеристики пальників та встановлено умови раціонального використання даних засобів; розроблено загальні рекомендації щодо використання пальникових пристроїв з асиметричним паливорозподілом. Отримані в дисертаційній роботі результати досліджень впроваджено в НВК «Струменево-нішова технологія» на ряді промислових печей різного призначення.

5. Редакційний аналіз.

Текст дисертації та автореферату викладено послідовно і доступно, фрази чіткі і завершені, рисунки інформативні, читання формул не викликає труднощів. Оформлення відповідає вимогам Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання, затвердженого Постановою КМУ від 24.07.2013 р. № 567.

6. Відповідність тексту автореферату і дисертації.

Текст автореферату повністю відповідає змісту, структурі та основним положенням дисертації.

7. Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих працях.

Основні наукові положення, які розкривають зміст та результати дисертації, викладено в 19 друкованих працях, зокрема, у 1 розділі монографії, 5 статтях, що входять до наукометричних баз даних, 3 статтях у наукових фахових виданнях України та 10 публікаціях у збірниках наукових праць за матеріалами конференцій.

8. Структура дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатку. Обсяг роботи становить 160 сторінок, включаючи 72 ілюстрацій, 6 таблиць. Перелік використаних літературних джерел складає 213 найменувань.

9. Аналіз основного змісту роботи.

У вступі наводиться обґрунтування актуальності теми дисертаційної роботи, формулюється мета, завдання, об'єкт, предмет і методи досліджень, наукова новизна, практична цінність та інші необхідні відомості щодо загальної характеристики роботи.

У першому розділі подається стислий аналіз сучасного стану та основних проблем стосовно робочих процесів мікрофакельних пальникових пристроїв різного типу. Аналізується специфіка структури течії і сумішоутворення палива і окиснювача в даних пальниках. Висвітлюються

закономірності формування температурних полів в зоні горіння, особливості вигорання палива тощо. Відмічається, що наявні дослідження не задовольняють потреби енергетичної практики стосовно нових перспективних модифікацій мікрофакельних пальникових пристроїв.

Певна увага приділяється аналізу особливостей математичного та комп'ютерного моделювання досліджуваних процесів. Зазначається його зростаюча роль як інструмента вивчення цих процесів.

За результатами огляду літературних джерел зроблено висновок, що подальший розвиток технологій, заснованих на використанні процесів мікрофакельного спалювання, зокрема, пальникових пристроїв мікрофакельного типу з асиметричним паливорозподілом, вимагає вирішення низки науково-технічних завдань.

Другий розділ присвячується викладенню особливостей методики математичного і комп'ютерного моделювання досліджуваного процесу спалюванню газоподібного палива в мікрофакельних пальниках з асиметричним паливорозподілом при відносно високих значеннях коефіцієнта надлишку повітря $2,0 \leq \alpha \leq 4,0$. Наводиться опис схеми модуля досліджуваного пальникового пристрою та розглядаються особливості його конструкції. Подано математичну модель процесу спалюванню палива, яка включає рівняння руху, неперервності, енергії для реагуючих турбулентних потоків, рівняння збереження маси компонент суміші та рівняння стану багатоконпонентної суміші. При розв'язуванні поставленої задачі застосовується *DDES* підхід, що поєднує переваги *RANS* і *LES* моделювання. Як модель турбулентності використовується *k- ω* модель, що відповідає найменшим відхиленням експериментальних і розрахункових даних при проведенні досліджень з вибору відповідної адекватної моделі.

У **третьому розділі** подаються результати дослідження закономірностей течії та сумішоутворення палива і окиснювача у пальниках досліджуваного типу за ізотермічних умов. Наводяться результати вивчення

впливу на вказані процеси таких факторів, як довжина закрилка, величина загального коефіцієнта надлишку повітря та геометричні параметри системи паливорозподілу. Підкреслюється, що згідно з отриманими даними при відсутності закрилка за стабілізатором спостерігаються два основних вихори, а при наявності закрилка яскраво вираженим є лише один основний вихор, центр якого зміщується вниз за потоком зі збільшенням довжини закрилка. Розглядаються фактори забезпечення стійкого горіння палива, а саме вказується, що зі зростанням довжини закрилка збільшується протяжність зони зворотних токів за стабілізатором полум'я, зменшуються в цілому рівні середньоквадратичних пульсацій швидкості, покращуються умови реалізації необхідного сумішоутворення в закормовій області стабілізатора полум'я. Стосовно впливу коефіцієнта надлишку повітря α , то його збільшення призводить до значного зниження далекобійності паливних струменів та зростання довжини зони зворотних токів у закормовій області стабілізатора полум'я. Вплив коефіцієнта надлишку повітря на середні значення масової концентрації метану у вказаній зоні має складний характер, що пояснюється дією конкуруючих факторів.

У четвертому розділі наводяться матеріали щодо робочих процесів у пальниках досліджуваного типу. При цьому особлива увага приділяється порівняльному аналізу закономірностей течії за ізотермічних умов та реагуючих потоків.

Згідно з результатами досліджень за ізотермічних умов зони найбільших швидкостей спостерігаються поблизу виходу з пристіночного та міжстабілізаторного каналів. З віддаленням від торцевої поверхні стабілізатора полум'я відбувається вирівнювання поля швидкості. Щодо неізотермічних умов, то тут має місце факт прискорення потоку вниз за течією, яке зумовлене розширенням газу внаслідок горіння. Область високих швидкостей, що формується за зоною зворотних токів, з віддаленням від

стабілізатора полум'я охоплює все більшу частину перерізу каналу. При цьому максимальні швидкості в даній області збільшуються вниз за потоком.

Розглядаються особливості формування зони зворотних токів за стабілізаторами полум'я при ізотермічній течії та у разі реагуючих потоків. Відзначається факт певної асиметрії температурних профілів відносно осі симетрії стабілізатора полум'я, пов'язаної з асиметрією паливоподачі і двостадійністю процесу горіння.

П'ятий розділ дисертації присвячується аналізу ефективності різних способів впливу на характеристики досліджуваних пальників. Розглядаються такі способи впливу, як зміна співвідношення витрат первинного і вторинного повітря, місця подачі вторинного повітря, геометричних параметрів системи паливорозподілу тощо. Особлива увага приділяється аналізу характеристик робочих процесів даних пальників за умов варіювання значень коефіцієнта надлишку повітря.

В завдання дослідження входив вибір раціональної величини співвідношення витрат первинного і вторинного повітря, яке відповідає покращеним енергоекологічним характеристикам пальників. Вказане співвідношення регулювалося відповідним співвідношенням ширини пристіночних і міжстабілізаторного каналів. В роботі визначено раціональні величини даного співвідношення, за яких реалізуються сприятливі значення енергоекологічних характеристик пальників. За результатами досліджень встановлено координати місця подачі у полум'я вторинного повітря, що регулюється довжиною закрилка, а також величини параметра системи паливорозподілу, при яких забезпечується висока ефективність пальників.

Слід відмітити важливість розроблених загальних положень щодо організації робочих процесів пальників з асиметричним паливорозподілом.

В роботі представлено розроблені на основі виконаних досліджень рекомендації щодо застосування пальникових пристроїв з асиметричним паливорозподілом, орієнтованих на застосування за умов відносно великих

значень коефіцієнта надлишку повітря. Результати досліджень впроваджено у НВК «Струменево-нішова технологія» при розробці пальників для промислових печей різного призначення.

Зауваження по дисертації.

1. Висновки до розділу 1 видаються недостатньо аналітичними і цілеспрямованими.

2. В дисертації не розглянуто можливість використання пальників з асиметричною подачею палива для різних типів газоподібних палив, зокрема біопалив, сумішей з воднем і таке інше.

3. Похибка моделювання оцінювалась по температурі в характерних точках полум'я порівнянням з відомими експериментальними даними. А якою є похибка визначення геометричних характеристик, конфігурації полум'я?

4. Доцільно було б мати порівняння кількісних характеристик ефективності пальників з асиметричною подачею палива та пальників інших типів.

5. Чи розглядалась можливість використання методів планування експерименту для досліджень, пов'язаних із встановленням ефективності різних способів впливу на характеристики пропонованих пальників

6. При розробленні рекомендацій щодо впровадження пальників з асиметричною подачею палива доцільно було б зазначити межі їх продуктивності.

Загальний висновок.

Вказані зауваження не знижують позитивної оцінки дисертаційної роботи, а висловлені побажання можуть бути враховані автором у подальших дослідженнях. Дисертаційна робота Рокитько К.В. “Моделювання процесів горіння у мікрофакельних пальниках з асиметричним паливорозподілом” є повністю завершеною науковою роботою, в якій вирішується актуальна

паливорозподілом, орієнтованих на експлуатацію при відносно великих значеннях коефіцієнта надлишку повітря. За актуальністю, науковою новизною, практичною значимістю, обґрунтованістю та достовірністю основних наукових положень, висновків та рекомендацій дисертаційна робота відповідає вимогам п.9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою КМУ від 24.07.2013р. № 567, а її автор Рокитько К.В. заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент
завідувач кафедри теплотехніки та енергозбереження
Інституту енергозбереження та енергоменеджменту
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського» МОН України,
доктор технічних наук, професор

Валерій ДЕШКО

Підпис д. т. н., проф. Дешка В. І. засвідчую
Вчений секретар Національного
технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»



Валерія ХОЛЯВКО