

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Тимощенко Олександрі Борисівни

«РОЗРОБЛЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ЗАСАД СПАЛЮВАННЯ ГАЗУ В МІКРОФАКЕЛЬНИХ ПАЛЬНИКОВИХ ПРИСТРОЯХ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ»,

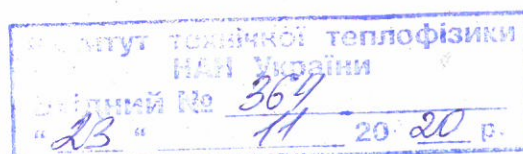
що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика

1. Актуальність теми

Серед різних способів організації спалювання газоподібного палива виділяється мікрофакельне спалювання, яке досягається дробленням факела на окремі мікровогнища. Таке спалювання може бути, зокрема, реалізовано за допомогою формування факела за стабілізаторами полум'я. Відповідні мікрофакельні пальники характеризуються низкою переваг, таких як висока ступінь гомогенізації зони горіння, поліпшені стабілізаційні властивості, низька токсичність продуктів горіння та ін.

Мікрофакельне спалювання палива, пов'язане з формуванням факела за стабілізаторами полум'я, як об'єкт теплофізичних досліджень є комплексом складних процесів течії, сумішоутворення палива і окиснювача, вигорання палива, формування температурних режимів зони горіння тощо. Однак в даний час відсутня необхідна комплексність і повнота досліджень різних аспектів зазначеного способу спалювання. Це перш за все відноситься до досліджень, що стосуються нових модифікацій пристроїв, які реалізують дане спалювання. Однією з перспективних модифікацій таких пристроїв, що застосовуються при експлуатації за умов відносно низької теплопродуктивності енергетичних об'єктів, є мікрофакельні пальники з циліндричними стабілізаторами полум'я.

Вказане зумовлює актуальність даної роботи.



2. Ступінь обґрунтування та достовірності наукових положень

Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та висновків підтверджується коректною постановкою задач, застосуванням сучасного програмного комплексу для виконання чисельних досліджень та задовільним узгодженням результатів комп'ютерного моделювання з результатами виконаних експериментальних досліджень.

Основні наукові положення і результати роботи за темою дисертації знайшли апробацію на міжнародних та вітчизняних науково-технічних та науково-практичних конференціях. За результатами роботи отримано патент України.

3. Наукова новизна роботи

У загальному вигляді ключові результати, які розкривають наукову новизну дисертаційної роботи, можна викласти таким чином:

1. Вперше для мікрофакельних газових пальників малої потужності одержано дані порівняльного аналізу характеристик течії, сумішоутворення, теплопереносу та вигорання палива при застосуванні циліндричних і плоских стабілізаторів полум'я. Встановлено, що при застосуванні циліндричних стабілізаторів забезпечується підвищення рівня турбулізації потоку, швидкості процесу сумішоутворення, зменшення нерівномірності поля температур у поперечних перерізах факела, інтенсифікація процесу вигорання палива та зменшення втрат тиску у пальнику.

2. Вперше досліджено можливість регулювання процесу сумішоутворення палива і окиснювача шляхом зміни відстані від газоподавальних отворів до устя пальника для модифікації типоряду мікрофакельних пальників з гладкими циліндричними стабілізаторами полум'я потужністю 30-200 кВт. Показано, що для забезпечення у вказаних пальниках так званого внутрішнього сумішоутворення (коли в усті пальника має місце практично повне перемішування палива і окиснювача) газоподавальні отвори необхідно

розташовувати на відстані від зривної кромки стабілізатора, що дорівнює приблизно 35 діаметрам цих отворів.

3. Вперше для модифікації мікрофакельних пальників малої потужності з циліндричними стабілізаторами полум'я за наявності кільцевих прямокутних нішових порожнин на їхніх бічних поверхнях виявлено ефекти впливу даних порожнин на робочі процеси в пальниках та обґрунтовано вибір їх просторових характеристик.

4. Вперше встановлено закономірності аеродинаміки, змішування палива і окиснювача, вигорання палива і формування температурних полів зони горіння для модифікації типоряду мікрофакельних пальників з пластинчастими турбулізаторами потоку на зривних кромках циліндричних стабілізаторів полум'я.

4. Практичне значення роботи

Результати виконаних досліджень використано при розробці різних модифікацій циліндричних пальникових пристроїв стабілізаторного типу. Зазначені пальникові пристрої впроваджені в енергетичну практику на сушарках фасонних елементів футерування енергетичного обладнання, котлах типу «НИИСТУ», Е-1,0-0,9ГН-2 та ін.

5. Редакційний аналіз

Текст дисертації та автореферату викладений літературною мовою, послідовно і доступно, фрази чіткі та завершені, рисунки інформативні, читання формул не викликає труднощів.

6. Відповідність тексту автореферату та дисертації

Текст автореферату адекватний змісту, структурі та основним положенням дисертації.

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

Основні наукові положення, які повністю розкривають зміст і результати дисертації, викладено в 34 друкованих працях, зокрема, у 12 статтях, що входять до наукометричних баз даних, 4 статтях у наукових фахових виданнях України та 17 публікаціях у збірниках наукових праць за матеріалами конференцій. За результатами роботи одержано патент України.

8. Структура дисертації

Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів основних результатів, висновків, списку використаних літературних та 3 додатків. Загальний обсяг дисертаційної роботи (разом з додатками) складає 174 сторінки машинописного тексту. Робота містить 77 рисунків та 9 таблиць. Перелік використаних літературних джерел містить 140 найменувань.

9. Аналіз основного змісту роботи

В анотації стисло викладено основні результати досліджень робочих процесів пальникових пристроїв із застосуванням різних модифікацій циліндричних стабілізаторів полум'я – гладких, з кільцевими прямокутними нішами на бічних поверхнях стабілізаторів та з турбулізаторами потоку на їхніх зривних кромках. Наведено наукову новизну та визначено практичне значення одержаних результатів. Надається список публікацій, в яких представлено основні наукові результати дисертації.

У вступі обґрунтована актуальність дисертаційної роботи. Вказано на її зв'язок з науковими програмами, планами та темами відділу енергоефективних теплотехнологій Інституту технічної теплофізики НАН України. Визначено мету і

завдання дослідження. Розглянуто об'єкт, предмет та методи досліджень. Наведені наукова новизна та практичне значення отриманих результатів. Подається також інформація щодо особистого внеску здобувача, відомості про апробацію результатів дисертації, дані про публікації автора за темою дисертації. Описано структуру і обсяг роботи.

В першому розділі на основі огляду літературних джерел проведено аналіз сучасного стану досліджуваної проблематики. Розглядаються існуючі методи інтенсифікації процесів спалювання палива. Обговорюються основні підходи до математичного моделювання робочих процесів при спалюванні газоподібного палива. За результатами аналізу визначено основні завдання дослідження.

Другий розділ присвячено особливостям методики проведення досліджень. В роботі наводиться математична модель досліджуваного процесу та висвітлюються питання, що стосуються верифікації моделей турбулентного переносу та обґрунтування достовірності результатів розрахункових досліджень. Розглянуто схеми досліджуваних модулів пальникових пристроїв із застосуванням різних модифікацій циліндричних стабілізаторів полум'я – гладких, з кільцевими прямокутними нішами на бічних поверхнях стабілізаторів та з турбулізаторами потоку на їхніх зривних кромках.

Наводяться результати порівняльного аналізу ефективності застосування в ситуації, що розглядається, двох підходів до моделювання турбулентних течій – напівемпіричного підходу RANS і підходу DDES, який є комбінацією RANS і LES моделей та поєднує їх кращі якості. За результатами досліджень показано, що при застосуванні DDES підходу забезпечується суттєво краще узгодження розрахункових і експериментальних даних, ніж при використанні підходу RANS.

Подається схема експериментального стенду і опис методики експериментальних досліджень.

У третьому розділі представлено результати розрахункових та експериментальних досліджень процесів переносу в мікрофакельних пальникових пристроях з гладкими циліндричними стабілізаторами полум'я. Проведено

порівняльний аналіз закономірностей протікання робочих процесів у пальниках з циліндричними і плоскими стабілізаторами полум'я. За результатами виконаних досліджень, зокрема, показано, що у порівнювальних ситуаціях має місце помітна відмінність у характеристиках всіх елементів робочого процесу пальників. При цьому у пальниках з циліндричними стабілізаторами полум'я у порівнянні з відповідними пальниками з плоскими стабілізаторами спостерігається значно більша турбулізація потоку у закормових областях стабілізатора полум'я і суттєво вища інтенсивність протікання процесів сумішоутворення та вигорання палива.

Для типоряду пальникових пристроїв з гладкими циліндричними стабілізаторами полум'я потужністю 30-200 кВт виконано комплекс багатоваріантних параметричних досліджень робочих процесів цих пристроїв. На основі отриманих даних визначено раціональні конструктивні та режимні параметри пальників розглянутого типоряду.

Наведено результати чисельного моделювання процесів течії та сумішоутворення палива і окиснювача для розглянутого типоряду пальників.

Досліджено вплив відстані між зривною кромкою і газоподавальними отворами пальникового пристрою на характеристики процесів сумішоутворення для типоряду пальників, що розглядається. Показано, що для забезпечення у поперечних перерізах, що проходять через зривну кромку стабілізаторів полум'я даних пальників, практично повного змішування палива і окиснювача, газоподавальні отвори необхідно розташовувати на відстані від зривної кромки стабілізатора, що дорівнює приблизно 35 діаметрам цих отворів.

Виконано експериментальні дослідження стійкості горіння і займання палива для пальникових пристроїв з гладкими циліндричними стабілізаторами полум'я.

Четвертий розділ присвячено дослідженню закономірностей робочих процесів пальникових пристроїв з циліндричними стабілізаторами полум'я за наявності кільцевих нішових порожнин на їх бічних поверхнях. Застосування ніш з одного боку є засобом інтенсифікації процесу горіння, з іншого – слугує цілям

поліпшення стабілізації полум'я завдяки захопленню вихору нішовою порожниною. За результатами багатоваріантних обчислювальних експериментів для пальників потужністю 30-200 кВт визначено величини довжини нішової порожнини, за якої здійснюється ефективне сумішоутворення і стабілізація процесу горіння. Встановлено також значення інших конструктивних параметрів даного типоряду пальників.

Виконано зіставлення основних характеристик робочих процесів для типорядів досліджуваних пальників за відсутності і наявності нішових порожнин на їхніх бічних поверхнях. Показано, що наявність ніш призводить до турбулізації потоку поблизу них, прискорення процесу сумішоутворення та підвищення інтенсивності вигорання палива.

Показано також, що пальники з прямокутними кільцевими нішами на їхніх бічних поверхнях характеризуються покращеними стабілізаційними властивостями.

У п'ятому розділі досліджується вплив пластинчастих турбулізаторів, встановлених на зривних кромках стабілізаторів полум'я, на закономірності перебігу робочих процесів циліндричних пальникових пристроїв.

В роботі виконано дослідження щодо зіставлення характеристик процесів переносу у пальниках з турбулізаторами потоку на їхніх зривних кромках та за їх відсутності. Для вказаних ситуацій проведено порівняння структури течії, особливостей сумішоутворення палива та окиснювача, температурних режимів в зоні горіння і процесу вигорання палива. Показано, що застосування турбулізаторів потоку спричиняє суттєвий вплив на картину течії та характеристики процесу сумішоутворення палива і окиснювача, підвищуючи його інтенсивність.

Встановлено, що наявність турбулізаторів на зривних кромках стабілізаторів полум'я призводить до значного підвищення інтенсивності вигорання палива. Останнє пов'язано з істотним збільшенням периметра підпалювання та турбулізацією потоку.

Певна увага в роботі приділена дослідженням з порівняльного аналізу робочих процесів для пальників різної потужності з типоряду, що розглядається.

Наводяться рекомендації щодо застосування різних модифікацій типоряду пальників з циліндричними стабілізаторами полум'я.

У висновках наводиться перелік основних наукових і практичних результатів, одержаних у дисертаційній роботі.

У додатках представлено:

- рекомендації щодо застосування типоряду мікрофакельних пальників малої потужності з циліндричними стабілізаторами полум'я;
- акт впровадження результатів дисертаційної роботи;
- патент України.

10. Зауваження до дисертаційної роботи

1. Бажано було б внести певні зміни в структурну організацію роботи. А саме, інформаційно перевантажений третій розділ дисертації за змістом роботи міг би бути поділений на два розділи.

2. Наведений в другому розділі опис методики математичного моделювання досліджуваного процесу слід було б доповнити більш детальним викладенням особливостей моделювання власне процесу горіння.

3. У третьому розділі дисертації слід було б навести більш докладне обґрунтування вибору раціональних конструктивних параметрів типоряду пальників з гладкими стабілізаторами полум'я.

4. У четвертому розділі бажано було б більше уваги приділити дослідженням стабілізаційних властивостей пальників з циліндричними стабілізаторами полум'я за наявності кільцевих нішових порожнин на їхніх бічних поверхнях.

5. Дослідження характеристик робочих процесів пальників з турбулізаторами потоку обмежуються турбулізаторами у формі пластин. Варто

було б розглянути можливості застосування турбулізаторів іншої конфігурації, до прикладу, пластин з різними варіантами ребрення, прямокутними, трикутними тощо.

6. В оформленні тексту дисертаційної роботи наявні деякі неточності та похибки:

- на рис. 5.18 – 5.23 немає всіх необхідних позначень;
- відсутня однозначність у позначеннях величин; до прикладу швидкість позначається як U та як W тощо.

- у тексті мають місце русизми та орфографічні помилки.

Зроблені зауваження не зменшують цінності основних наукових положень, висновків і рекомендацій, що захищаються дисертантом, і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

11. Загальний висновок

Дисертаційна робота Тимошенко Олександри Борисівни “Розроблення теплофізичних засад спалювання газу в мікрофакельних пальникових пристроях малої потужності”, є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що розширюють сучасні уявлення про основні закономірності перебігу робочих процесів в мікрофакельних пальникових пристроях малої потужності. В роботі містяться нові наукові дані, спрямовані на вирішення актуальної проблеми проектування пальникових пристроїв для застосування на вогнетехнічних об’єктах невеликої та середньої теплової продуктивності. Сформульовані в роботі наукові висновки характеризуються високим ступенем обґрунтованості. За напрямком збраних та вирішених питань дисертаційна робота відповідає спеціальності 05.14.16 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

На підставі вищевикладеного вважаю, що дисертаційна робота “Розроблення теплофізичних засад спалювання газу в мікрофакельних пальникових пристроях малої потужності” відповідає вимогам до кандидатських

дисертацій, а саме пунктам 9, 11, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. №567 (зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 19.08. 2015 р.), а її автор, Тимощенко Олександра Борисівна, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри теплоенергетики
та холодильної техніки
Національного університету харчових
технологій МОН України



С.М. Василенко

Підпис доктора технічних наук С.М. Василенка засвідчую:

Вчений секретар



В. А. Фоменко