ВІДЗИВ

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Полозенко Ніни Петрівни

«Моделювання процесів тепломасопереносу в пальникових пристроях з ешелонованим розташуванням стабілізаторів полум'я»,

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

1. Актуальність теми.

Одним із важливих напрямів енергозбереження в комунальній та промисловій теплоенергетиці України є розробка та впровадження прогресивних технологій спалювання палива. Сучасні технології спалювання палива в пальникових пристроях зі стабілізаторами полум'я відкривають можливості значного підвищення ефективності робочого процесу в таких пристроях.

Однак при застосуванні в пальниках стабілізаторів, встановлених в одній площині, за певних умов ефективність процесу горіння може знижуватися. Це стосується спонтанного порушення симетрії течії при високому ступені загромадження прохідного перерізу каналу, складності формування необхідних температурних полів в зоні горіння тощо. Один із методів впливу на перебіг вказаних процесів полягає у використанні в пальникових пристроях стабілізаторів полум'я, ешелонованих у різний спосіб.

Серед системних досліджень, присвячених вивченню робочих процесів спалювання газоподібного палива в стабілізаторних пальникових пристроях різного типу, слід відмітити роботи Вінтерфельда Дж., Щетинкова Є.С., Солнцева В.П., Раушенбаха Б.В., Беспалова І.В., Христича В.А., Любчика Г.Н., Сударева А.В. та ін. Щодо пальників з ешелонованими решітками стабілізаторів полум'я, то відомі наразі дослідження стосуються лише окремих аспектів цих процесів. Належної уваги їх комплексному дослідженню, а також застосуванню необхідного для цього математичного апарату, який дозволяв би отримувати детальну інформацію про локальні та інтегральні характеристики досліджуваних процесів і встановлювати відповідні закономірності, практично не приділялося. Вищевикладене зумовлює

НДН України
Вхідний № 123
"10" 03 2016 р.

необхідність поглиблених теоретичних та експериментальних досліджень в цьому напрямі.

Дисертаційна робота Полозенко Н.П. спрямована на встановлення закономірностей процесів тепломасопереносу в пальникових пристроях з ешелонованим розташуванням стабілізаторів полум'я та на розробку рекомендацій щодо застосування таких пристроїв. Вказане свідчить про актуальність обраного напряму досліджень та теми дисертаційної роботи.

2. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень.

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, забезпечується:

- застосуванням сучасних методів фізичного та математичного моделювання, які включали використання *DES* підходу до моделювання течій з великими відривними зонами;
- врахуванням відповідних фізичних ефектів при розгляді закономірностей течії палива та окиснювача, їх сумішоутворення, формування температурних полів та ін.;
- задовільним узгодженням результатів розрахункових досліджень роботи з результатами інших авторів, відомими з літературних джерел, та з даними експериментальних досліджень;
- відповідністю висновків та результатів роботи фізичній суті досліджуваних явищ;
- апробацією результатів роботи на науково-практичних конференціях та семінарах;
- успішним впровадженням результатів роботи.

Всі розділи дисертаційної роботи логічно взаємопов'язані, змістовно підпорядковані сформульованій меті дослідження.

3. Наукова новизна роботи.

Дисертацію присвячено дослідженню процесів тепломасопереносу в пальникових пристроях з ешелонованим розташуванням стабілізаторів полум'я, встановленню основних закономірностей течії, сумішоутворення і формування темпе-

ратурних полів в них та розробці на цій основі рекомендацій щодо застосування в енергетичній практиці пальникових пристроїв з необхідними параметрами.

В загальному вигляді ключові результати, які розкривають наукову новизну дисертаційної роботи, можна викласти таким чином.

Дослідження закономірностей тепломасопереносу в пальникових пристроях з ешелонованим розташуванням стабілізаторів полум'я дозволило:

- вивчити структуру і характеристики течії палива та окиснювача в пальниках з ешелонованими стабілізаторними решітками різного типу в ізотермічних умовах та умовах горіння і визначити ефективні засоби впливу на них;
- для різних типів ешелонування стабілізаторів полум'я виявити особливості сумішоутворення та формування температурних полів в зоні горіння і провести порівняльний аналіз одержаних даних із відповідними характеристиками для неешелонованих стабілізаторів;
- встановити закономірності зміни характеристик робочого процесу пальникових пристроїв при варіюванні таких параметрів, як крок зміщення стабілізаторів $L_{зм}$, коефіцієнт загромадження прохідного перерізу каналу k_f, коефіцієнт надлишку повітря α тощо.

4. Практичне значення роботи. Практична цінність роботи полягає у розробці таких способів організації процесу горіння, які дозволяють створювати необхідні умови для підвищення ефективності цього процесу в стабілізаторних пальникових пристроях, а саме:

- застосування ступінчатого ешелонування стабілізаторів полум'я дозволяє забезпечувати нерівномірний розподіл температури по висоті каналу на деякому віддаленні від стабілізаторної решітки, що необхідно в ряді характерних для енергетичного обладнання ситуацій (наприклад, для додаткового підігріву захолодженого поду котлів типу ТВГ, ПТВМ, ДКВР та ін.);
- гребінчасте розташування стабілізаторів полум'я дає можливість забезпечувати необхідну рівномірність температурного профілю на деякому віддаленні від стабілізаторної решітки, що є типовою вимогою інтегрування пальників в той чи інший вогнетехнічний об'єкт; це дозволяє в разі зазначених вимог вико-

ристовувати дане розташування стабілізаторів полум’я, по-перше, для зниження втрат тиску в пальниковому пристрої і, по-друге, для усунення спонтанного порушення симетрії течії при високому ступені загромадження стабілізаторами прохідного перерізу каналу.

Таким чином, пальникові пристрої з ешелонованими решітками стабілізаторів полум'я можуть застосовуватись для отримання необхідних профілів температури в топковому просторі, як метод усунення спонтанного порушення симетрії течії в цих пристроях і спосіб зменшення аеродинамічного опору.

Результати розрахункових і експериментальних досліджень було використано при проектуванні пальникових пристроїв з ешелонованими решітками стабілізаторів полум'я. Отримані в дисертаційній роботі результати досліджень впроваджено в НВК «Струменево-нишова технологія» для різних типів котлів.

5. Редакційний аналіз.

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

6. Відповідність тексту автореферату і дисертації.

Текст автореферату в цілому адекватний змісту, структурі та основним положенням дисертації.

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

Основні наукові положення, що повністю розкривають зміст та основні результати дисертаційної роботи, викладено в 23 друкованих наукових працях, 6 з яких опубліковано у фахових виданнях та 1 стаття – в журналі, що входить до наукометричних баз даних. Результати досліджень апробовані і дістали позитивну оцінку на 16 наукових і науково-практичних конференціях різного, в тому числі міжнародного, рівня.

8. Аналіз основного змісту роботи.

У вступі подано стислий аналіз досліджень робочих процесів в пальникових пристроях з плоскими стабілізаторами полум’я. Перелічено фактори, які знижують ефективність процесу горіння в них при розташуванні торців стабілізаторів в одній площині, і наведено один із методів усунення цих недоліків – використання стабілізаторів полум’я, ешелонованих у різний спосіб.

Обґрунтовано актуальність теми; сформульовано мету, задачі, об’єкт, предмет та методи досліджень; викладено наукову новизну і практичну цінність результатів роботи, а також наведено інші необхідні відомості щодо загальної характеристики роботи, особистого внеску здобувача, наведено дані про апробацію результатів роботи та публікації за темою дисертації.

У першому розділі наводяться результати аналізу сучасних технологій спалювання палива в пальникових пристроях стабілізаторного типу. Відмічається, що спеціальні дослідження, присвячені робочим процесам у пальниках з ешелонованим розташуванням стабілізаторів полум’я, обмежуються роботами Б.В. Раушенбаха, І.В. Беспалова та ін. Обґрунтовується необхідність поглибленого вивчення робочих процесів в таких пальникових пристроях.

Певна увага приділяється аналізу різних підходів до моделювання процесів турбулентності при розрахунках течії з великими відривними зонами і вказується на перспективність застосування *DES* підходу при вивченні відповідних процесів у пальникових пристроях з ешелонованими стабілізаторами полум’я.

На основі виконаного аналізу формулюються основні завдання досліджень.

У другому розділі висвітлено особливості методики математичного моделювання та експериментальних досліджень процесів переносу при спалюванні газоподібного палива в пальниках з ешелонованим розташуванням стабілізаторів полум’я; наведено результати порівняльного аналізу різних підходів до моделювання досліджуваних процесів; проведено вибір відповідної досліджуваним процесам моделі турбулентного переносу та зроблено обґрунтування достовірності результатів комп'ютерного моделювання.

Особливу увагу привертають ретельно проведені спеціальні методичні дослідження, присвячені порівняльному аналізу ефективності двох підходів до моделювання турбулентних течій при спалюванні газоподібного палива в пальниках з ешелонованим розташуванням стабілізаторів полум'я – *URANS* і *DES*, а також вибору для вказаних підходів відповідної моделі турбулентності. Результати комп'ютерного моделювання, що відповідають двом вказаним підходам, зіставляються з даними експериментальних досліджень поперечного обтікання стабілізаторів у формі трикутної призми. Це дає можливість вибрати для подальших досліджень підхід *DES*, орієнтований на розрахунок течій, що характеризується наявністю великих відривних зон. Саме такі аеродинамічні умови мають місце в досліджуваних пальникових пристроях.

У третьому розділі викладено результати широкого спектру досліджень, проведених методами комп'ютерного моделювання стосовно структури та характеристик течії в пальникових пристроях, який включає:

- дослідження для різних типів стабілізаторних решіток - ступінчато та гребінчато ешелонованих;
- дослідження для різних умов течії – ізотермічних умов та горіння;
- дослідження впливу на структуру та характеристики течії основних конструктивних і режимних параметрів стабілізаторних решіток таких, як величина кроку зміщення $\bar{L}_{зм}$ стабілізаторів за потоком, коефіцієнт загромадження k_f прохідного перерізу каналу і коефіцієнт надлишку повітря α;
- зіставлення отриманих результатів з відповідними даними для неешелонованих решіток.

Найбільш вагомими науковими результатами, представленими у цьому розділі, слід вважати:

- встановлення несиметричність течії відносно осі каналу пальникового пристрою і відповідного перерозподілу витрат повітря в каналах стабілізаторної решітки та за решіткою при ешелонованому розташуванні стабілізаторів;

- встановлення закономірностей течії палива та окиснювача в умовах холодного потоку і горіння для ступінчатої та гребінчатої решіток стабілізаторів полум'я;
- порівняння для ступінчато ешелонованою та неешелонованою решіток стабілізаторів таких характеристик течії, як параметри зон циркуляційної течії в закормових областях стабілізаторів, рівні пульсації швидкості в цих областях, втрати тиску в пальникових пристроях тощо.

Важливим практичним висновком, що має велике значення для конструювання пальникових пристроїв, є встановлення факту меншої турбулізації потоку за ступінчато ешелонованою решіткою стабілізаторів у порівнянні з неешелонованою решіткою. Менша турбулізація потоку зумовлює зниження втрат тиску в пальникових пристроях і відповідно зменшення експлуатаційних витрат даних пристроїв.

У четвертому розділі наводяться результати досліджень процесів сумішоутворення природного газу і повітря та дані, що стосуються формування температурних полів продуктів горіння в пальниках з різними типами ешелонованих стабілізаторних решіток.

Слід відмітити, що наведені в даному розділі дослідження були спрямовані на забезпечення в пальникових пристроях необхідних параметрів шляхом розробки спеціальних методів формування температурних полів зони горіння. Саме застосування ступінчатого ешелонування стабілізаторів покликане забезпечити підвищені рівні температур в закормових зонах стабілізаторів, зміщених уверх по потоку, і певне зміщення ядра факелу до однієї із стінок амбразури. Таке розташування стабілізаторів може бути використано в пальникових пристроях для котлів із захолодженим подом з метою його додаткового підігріву.

Результати комп'ютерного моделювання теплового стану продуктів горіння у випадку гребінчатого розташування стабілізаторів полум'я показали, що на певній відстані від решітки стабілізаторів реалізуються розподіли температури по висоті каналу, які характеризуються потрібним рівнем їх рівномірності.

За результатами виконаних досліджень розроблено рекомендації щодо застосування пальників з ешелонованим розташуванням стабілізаторів полум'я. Результати досліджень впроваджено в НВК «Струменево-нишова технологія» при розробці пальникових пристроїв до котлів ПТВМ-30, ТВГ-8, ДКВР-10 та ін.

Отримані наукові результати можна рекомендувати до включення в програми підготовки фахівців за відповідними спеціальностями, а рекомендації щодо застосування пальникових пристроїв з ешелонованим розташуванням стабілізаторів полум'я наразі набувають суттєвого практичного значення при створенні енергетичного обладнання в сфері комунальної та промислової теплоенергетики України.

Зауваження по дисертації.

1. Слід відмітити можливість більш досконалої структурної організації роботи. Так, матеріали третього розділу, найбільшого за обсягом, доцільно було б розділити на два розділи, перший з яких стосувався б закономірностей течії в ізотермічних умовах, а другий – в умовах реагуючих потоків.
2. Потребує пояснень вибір типів ешелонування стабілізаторів полум'я, що розглядалися в дисертаційній роботі.
3. У другому розділі слід було б обґрунтувати проведене зіставлення розрахункових даних з даними експериментальних досліджень для стабілізаторів у формі трикутної призми, а не у формі паралелепіпеда.
4. У третьому та четвертому розділах не аргументовано застосування діапазонів зміни кроку зміщення стабілізаторів полум'я $L_{зм}$, коефіцієнта загромадження стабілізаторами прохідного перерізу каналу k_f та коефіцієнта надлишку повітря α.
5. В оформленні тексту дисертаційної роботи мають місце деякі неточності:
   - немає однаковості у використанні прямого і косого шрифтів для написання букв латинського алфавіту;
   - табл. 3.9 і 3.13 не включають необхідних позначень;

- один і той же параметр у ряді випадків містить різну кількість знаків після коми;
- стилістичні неточності (стор. 34,50, 53 та ін.).

Висновок

Вказані зауваження не знижують позитивної оцінки дисертаційної роботи, а висловлені побажання можуть бути враховані автором у подальших дослідженнях. Дисертаційна робота Полозенко Ніни Петрівни «Моделювання процесів тепломасопереносу в пальникових пристроях з ешелонованим розташуваннямстабілізаторів полум'я» є повністю завершеною науковою роботою, в якій вирішується актуальна проблема дослідження процесів тепломасопереносу в пальникових пристроях з ешелонованим розташуванням стабілізаторів полум'я та використання цих пристроїв для потреб енергетичної практики. За актуальністю, науковою новизною, практичною значимістю, обґрунтованістю та достовірністю основних наукових положень, висновків та рекомендацій дисертаційна робота відповідає вимогам МОН України, а її автор,Полозенко Ніна Петрівна,заслуговує присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент
Завідувач кафедри теплоенергетики
та холодильної техніки Національного
університету харчовихтехнологій
МОН України, доктор технічних наук,
професор С.М. Василенко