

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Абдуліна Михайла Загретдиновича

«РОЗРОБЛЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ЗАСАД ТЕХНОЛОГІЙ СПАЛЮВАННЯ ПАЛИВ З ЗАСТОСУВАННЯМ СТРУМЕНЕВО-НІШОВИХ СИСТЕМ»,

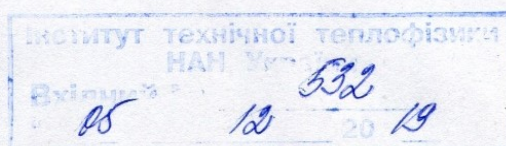
що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.14.06 - технічна теплофізика і промислова теплоенергетика.

1. Актуальність теми.

Важливою частиною загальної проблеми підвищення рівня теплової і екологічної ефективності теплоенергетичного обладнання є використання нових прогресивних технологій спалювання палива. Однією з таких технологій є технологія, що базується на використанні струменево-нішових систем сумішоутворення та стабілізації полум'я. Вдосконалення цих технологій вимагає розширення уявлень про закономірності робочих процесів в струменево-нішових модулях та пальникових пристроях на їх основі. На сьогодні відчувається відсутність повноти знань про теплофізичні аспекти даних технологій. У зв'язку з цим, актуальною є розробка теплофізичних основ технологій спалювання палива з використанням струменево-нішових систем.

2. Ступінь обґрунтування та достовірності наукових положень.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, підтверджено виконанням досліджень з використанням сучасних ефективних методик і адекватних моделей, коректністю фізичних припущень та позитивним досвідом впровадження результатів дисертаційної роботи. Достовірність теоретичних результатів та результатів числових розрахунків підтверджено порівнянням їх з даними інших авторів, а також порівнянням з результатами експериментальних досліджень.



Основні наукові положення і результати роботи, що відповідають тематиці дисертації, знайшли апробацію на міжнародних та вітчизняних науково-технічних та науково-практичних конференціях. За результатами роботи отримано 7 патентів України.

3. Наукова новизна роботи.

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

1. Вперше у широкому діапазоні зміни визначальних параметрів отримано дані експериментальних досліджень процесів течії, сумішоутворення, теплопереносу, стабілізації полум'я і вигорання палива для поодиноких струменевих і струменево-нішових пальникових модулів пальників з прямокутними та трапецієподібними нішовими порожнинами за наявності та відсутності структураторів потоку.

2. Уперше виконано порівняльний аналіз характеристик займання та зриву горіння для струменево-нішових пальникових модулів пальників з нішовими порожнинами різної форми та розмірів; виявлено роль структураторів потоку у підвищенні стабілізуючих властивостей модулів з трапецієподібними нішами; розроблено підхід до визначення характеристик пускових режимів для струменево-нішової системи з прямокутною нішою; за результатами аналізу ефектів впливу геометричних параметрів розподілу палива на режимі бідного зриву модуля з прямокутною нішою встановлено діапазони раціональних значень цих параметрів для умов спалювання різних газів.

3. Уперше виявлено основні закономірності протікання робочих процесів систем, що складаються з декількох струменево-нішових модулів; показано, що у цих системах має місце значне скорочення довжини факела у порівнянні з автономним модулем; встановлено факт практичної ідентичності робочих процесів в окремих модулях системи, що обумовлює правомірність використання модульного підходу до конструювання пальників даного типу.

4. Уперше для струменево-нішових пальників з трапецієподібними нішовими порожнинами встановлено закономірності теплообміну та аеродинаміки у спеціальних системах їх охолодження, які характеризуються тим, що у них як охолоджувальний агент застосовується паливний газ перед його надходженням на спалювання; проведено аналіз теплового стану цих пристроїв і виконано загальну оцінку ефективності їхніх систем охолодження.

5. Виконано зіставлення основних характеристик робочих процесів пропонуєаних пальникових пристроїв на основі струменево-нішових систем і традиційно використовуваних пальників у складі вогнетехнічних об'єктів комунальної та промислової енергетики.

4. Практичне значення роботи.

Результати виконаних досліджень впроваджено більш ніж на 1000 вогнетехнічних об'єктах в Україні, Білорусі, Росії, Польщі, Казахстані (котли, печі, сушарки тощо.). Сертифіковано більше 100 типів і моделей розроблених пальникових пристроїв в ДП «Сертифікаційний випробувальний центр», отримано право встановлення розроблених пальникових пристроїв на котлах Монастирищенського, Бійського, Дорогобужського та інших котельних заводів. Міністерством житлово-комунального господарства України рішенням науково-технічної ради №16 від 26.10.2010р. рекомендовано впровадження енергоощадної струменево-нішової технології на об'єктах комунального господарства України.

Використання результатів роботи підтверджуються відповідними актами впровадження в комунальній теплоенергетиці, металургії, будівельній, хімічній та сільськогосподарській галузях.

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, що повністю розкривають зміст та основні результати дисертаційної роботи, викладені у 54 друкованих працях, зокрема: у 1 монографії; 2 статтях, що входять до наукометричної бази Scopus; 14 статтях, що входять до інших наукометричних баз; 2 статтях у закордонних виданнях; 15 статтях у спеціалізованих фахових виданнях; 11 статтях в інших виданнях; 2 публікаціях в матеріалах міжнародних конференцій в Україні і за кордоном; 3 патентах на винаходи і 4 патентах на корисну модель.

8. Структура дисертації.

Дисертація складається зі вступу, 7 розділів, висновків та 4 додатків. Основний матеріал викладено на 290 сторінках, 205 рисунках, 19 таблицях. Бібліографія містить 205 найменувань робіт на 25 сторінках. Загальний обсяг дисертації становить 390 сторінок.

9. Аналіз основного змісту роботи.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет та методи досліджень, викладено наукову новизну і практичну цінність, а також наведено інші необхідні відомості щодо загальної характеристики роботи.

У першому розділі подано дані, що стосуються аналізу стану проблеми за темою дисертаційної роботи. За результатами огляду відомих робіт М.М. Семенова, Д.А. Франк-Каменецького, Г.Н. Абрамовича, А.В. Сударева, Ю.В. Іванова, В.А. Христича, Г.М. Любчика та інших провідних фахівців відмічається, що наявні дослідження не задовольняють нагальних потреб енергетичної практики. Зокрема, зазначається, що недостатньо уваги приділяється системним дослідженням теплофізичних аспектів робочих процесів палинкових модулів із застосуванням струменево-нішових систем.

Показано, що необхідним є розроблення технічних рішень пальників зі струменево-нішовими системами та проведення їх випробувань у складі різних вогнетехнічних об'єктів.

На основі проведеного огляду літературних джерел обґрунтовано актуальність роботи та сформульовано завдання досліджень.

Другий розділ присвячено висвітленню особливостей експериментальних методик дослідження та методики математичного моделювання елементів робочих процесів струменево-нішових систем, автономних модулів та пальникових пристроїв на основі струменево-нішових систем.

В роботі наводиться детальний опис експериментальних систем та широкий спектр методів дослідження аеродинамічних характеристик та процесів сумішоутворення як в ізотермічних умовах, так і при горінні.

Багато уваги приділено методикам дослідження характеристик факела (полів температури, сталості горіння, газового аналізу продуктів згорання).

Також наведено методики випробування пальникових пристроїв зі струменево-нішовими модулями в умовах промислової експлуатації в складі вогнетехнічних об'єктів. Експериментальні дослідження проводилися в широкому діапазоні зміни конструктивних і режимних параметрів.

Для визначення закономірностей течії і теплообміну в системах самоохолодження модулів паливним газом здійснювалось математичне моделювання процесів переносу з використанням пакета FLUENT.

У третьому розділі наводяться результати експериментальних досліджень робочого процесу автономних пальникових модулів різних типів – струменевих і струменево-нішових з нішовими порожнинами різної конфігурації. Досліджено закономірності течії, сумішоутворення палива і окисника та температурні режими струменевих модулів з торцевою нішою і уступом. Показано, зокрема, що наявність уступу призводить до деякого збільшення далекобійсності струменів. Наводяться дані експериментальних досліджень розміру та трансформації циркуляційної зони в ближньому сліді за системою струменів палива в залежності від гідродинамічного параметра.

В роботі для струменево-нішових паливних модулів з прямокутною приструменевою нішою – зручнообтічного модуля і модуля з торцевою порожниною – виконано дослідження структури течії, сумішоутворення, стабілізації полум'я та вигорання палива. Вивчено закономірності перебігу досліджуваних процесів у області прямокутної нішової порожнини. Встановлено, що пальниковий струменево-нішовий модуль з прямокутною нішовою порожниною забезпечує більшу інтенсивність горіння та більш широкий діапазон сталого горіння, ніж струменево-нішова система з пристінковим розташуванням.

Для ніш трапецієподібної форми визначено граничний кут нахилу бічної стінки, при якому зникає стійка вихрова структура в порожнині. Для відновлення вихроутворення запропоновано використання структуратора потоку. Показано, що структуратор поліпшує стабілізуючі якості трапецієвидної нішової порожнини.

Четвертий розділ присвячено комплексним дослідженням закономірностей стабілізації полум'я у власне струменево-нішових системах. Для цих систем за результатами виконаних досліджень запропоновано експериментально-розрахунковий підхід до вивчення характеристик бідного зриву. Отримано результати натурних експериментів щодо характеристик займання, меж стійкості та зриву полум'я в струменево-нішових пальникових модулях з нішовими порожнинами різної конфігурації – прямокутними і трапецієподібними за наявності та відсутності структураторів потоку. Показано, що структуратори потоку забезпечують надійну стабілізацію полум'я в нішах трапецієподібної конфігурації при зміні швидкості повітря в широкому діапазоні.

В даному розділі наводяться також результати взаємного впливу параметрів паливорозподілу на режимах бідного зриву та розпалу, отримані за допомогою статистичних методів планування експериментів для природного газу та пропан-бутану і визначено рекомендовані значення цих параметрів.

У п'ятому розділі наводяться результати експериментальних досліджень закономірностей впливу режимних і конструктивних факторів на

робочий процес систем, які складаються з декількох струменево-нішових модулів. За результатами газового аналізу встановлено, що довжина факелу в системі модулів значно менша, ніж в умовах поодинокого струменево-нішового модуля. Виявлено значний вплив коефіцієнту захаращення потоку окиснювача та коефіцієнту надлишку повітря на характеристики палива. Згідно з результатами досліджень процесів горіння для системи, яка складається зі зручнообтічних модулів, показано, що коефіцієнт захаращення поперечного перерізу каналу окиснювача значно впливає на інтенсивність вигорання газу, визначено що значення коефіцієнту захаращення 0,3-0,4 забезпечують необхідну інтенсивність вигорання та невисокий рівень аеродинамічного опору за тракту окиснювача.

Виконано порівняльний аналіз характеристик факелів двох модулів в широкому діапазоні швидкості окиснювача та коефіцієнту надлишку повітря. Виявлено ідентичність процесу горіння за окремими модулями досліджуваної системи модулів, що свідчить про можливість застосування модульного принципу при конструюванні пальникових пристроїв на основі струменево-нішових систем.

Шостий розділ присвячено дослідженню на основі CFD моделювання течії та теплообміну в системах охолодження струменево-нішових модулів паливним газом, що подається у внутрішню порожнину модуля, охолоджує його і поступає на горіння. Для охолодження найбільш теплонапруженої торцевої поверхні модуля застосовувались два варіанти струменево-нішового обдуву – системою круглих імпактних струменів та плоским імпактним струменем. Показано, що застосування круглих струменів забезпечує більш інтенсивне охолодження стінок модуля. Однак при цьому має місце збільшення втрат тиску по тракту паливного газу у порівнянні з плоским струменем. Крім того, система охолодження з круглими струменями більш чутлива до зміни теплового навантаження вогнетехнічного об'єкту.

Розгляду також підлягали різні варіанти конструкцій систем охолодження, розташованих всередині модуля, які формували течію газу і забезпечували ефективність охолодження. Виконано оцінку ефективності розглянутих дефлекторних конструкцій. Зазначається, що найбільш

ефективною є система охолодження зі спеціально спрофільованим дефлектором з прямим торцем.

У цьому розділі представлено дані випробувань струменево-нішових пристроїв в лабораторних умовах і в складі вогнетехнічних об'єктів різного призначення (котли, печі, сушарки, підігрівачі та інше). За результатами виконаних випробувань розроблено технічні рішення та ефективні конструкції пальникових пристроїв струменево-нішового типу. Запропоновано рекомендації з вибору геометричних і режимних параметрів паливоподачі для досліджуваних пальників. Згідно з рекомендаціями встановлено раціональні значення діаметрів газоподавальних отворів, відносних кроків їх розташування, розмірів нішової порожнини, діапазонів зміни гідродинамічного параметра та коефіцієнта надлишку повітря щодо різних умов застосування пальників. Проведені дослідження розроблених пальникових пристроїв у складі різних вогнетехнічних об'єктів продемонстрували високі показники ефективності їх застосування.

Понад 100 типів розроблених пальників пройшли сертифікацію у ДП «Сертифікаційний центр». Пальникові пристрої на основі струменево-нішових систем широко впроваджено на вогнетехнічних об'єктах України, Білорусії, Росії, Польщі, та Казахстану.

У висновках сформульовані основні наукові і практичні результати дисертаційної роботи. Додатки містять результати державних приймальних випробувань пальників і документи, що підтверджують впровадження результатів дисертаційної роботи.

10. Зауваження до дисертаційної роботи:

1. Які перспективи використання результатів роботи при спалюванні низькокалорійних газів, таких як біогаз, коксовий та доменний газ?
2. Значення гідравлічного опору модуля з нішевою порожниною, табл. 4.3, доцільно було б порівняти з результатами моделювання.
3. Данні початку стабілізації полум'я на струменях пропан-бутану в умовах СНС, рис. 4.16, потребують більш детального аналізу.

4. Потребує додаткових пояснень, чому аналіз цільових функцій регресивних рівнянь залежності коефіцієнту надлишку повітря при режимах пуску орієнтований на визначення максимуму надлишку повітря, табл. 4.7.
5. Чи розглядалась можливість використання граничних умов II роду при узгодженні результатів поетапного моделювання процесів переносу для мікрофакельного пальникового пристрою, інтегрованого в котельну установку?
6. Як впливає на результат виміру оптичним пірометром нерівномірності температури футерування ковшів наявність продуктів горіння у топковому просторі?
7. У списку використаних джерел до розділу 1 частина посилань, що відносяться до останніх 10 років, видається замалою.
8. Що таке L_0 і його смисл у формулах 4.7 та 4.10?
9. Редакційні правки та зауваження: формула повноти горіння (1.1) має помилку у запису; має місце неспівпадіння кількості газодинамічних схем пальникових пристроїв на рис. 1.27 та у підписі до нього; підписів під рис. 4.2 та позначень на осях на рис. 4.3, 4.4 та 4.8 недостатньо для їх повного аналізу; нумерація ряду рисунків не відповідає посиланням на них по тексту; мають місце окремі не виправлені вади машинного перекладу, а саме «у досліджуваних горілчаних пристроях», «Справжній підрозділ» та інше.

Зроблені зауваження не зменшують цінності основних наукових положень, висновків і рекомендацій, які виносяться на захист, і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації Абдуліна М.З., а висловлені побажання можуть бути враховані у подальшій науковій діяльності автора.

11. Загальний висновок.

Дисертаційна робота Абдуліна Михайла Загретдиновича «Розроблення теплофізичних засад технологій спалювання палив з застосуванням струменево-нішових систем» є завершеною науковою працею, в якій містяться нові наукові результати, спрямовані на вирішення актуальної науково-технічної проблеми розробки теплофізичних засад технологій

спалювання палив та обґрунтування ефективності їх застосування для вогнетехнічного обладнання різного призначення.

За актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю та достовірністю основних наукових положень, висновків та рекомендацій, отриманими новими науковими результатами та їх практичною цінністю дисертаційна робота «Розроблення теплофізичних засад технологій спалювання палив з застосуванням струменево-нішових систем» відповідає вимогам пп. 9, 10, 12, 13 «Порядку присудження наукових ступенів та вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року №567, а її автор, Абдулін Михайло Загретдинович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора 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
імені Ігоря Сікорського» МОН України
доктор технічних наук, професор

В.І.Дешко

Підпис Дешка Валерія Івановича засвідчую:

Вчений секретар

КПІ ім. Ігоря Сікорського



А.А. Мельниченко