



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 53343

(13) A

(51) 6 F23D14/62

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДВидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ПАЛЬНИК

1

2

(21) 2002043668

(22) 30 04 2002

(24) 15 01 2003

(46) 15 02 2003, Бюл. № 1, 2003 р.

(73) Іщенко Олександр Петрович, Попішук Сергій
Йосипович, Тимошенко Юрій Петрович,
Шпільевський Юрій Володимирович(57) 1 Пальник, що містить тороподібну
змішувальну камеру, яка у поперечному перерізі
має форму еліпса, мала вісь якого нахилена до осі
камери, та яка оснащена кризними інжекційними
каналами і з'єднана з одного боку з інжектором, а з
другого - з вихідним дифузормим соплом, який
відрізняється тим, що він обладнаний принаймні
однією додатковою змішувальною тороподібною
камерою, встановленою з боку вихідного дифу-
зорного сопла, і принаймні одним проміжним
інжектором, кожний з яких встановлено міжзмішувальними камерами, при цьому
співвідношення відповідних осей еліпсів камер
складає 1 1,5, а співвідношення вхідного діаметра
проміжного інжектора до його висоти - 1 2,52 Пальник за п. 1, який відрізняється тим, що на
внутрішній поверхні камер виконані горбки шорст-
кості3 Пальник за п. 1, який відрізняється тим, що на
внутрішній поверхні принаймні одного інжектора
виконана гвинтова нарізка4 Пальник за п. 1, який відрізняється тим, що на
внутрішній поверхні вихідного дифузормого сопла
встановлені завихрювачі5 Пальник за п. 4, який відрізняється тим, що
завихрювачі виконані у вигляді лопаток6 Пальник за п. 4, який відрізняється тим, що
завихрювачі розташовані по спіралі

Винахід стосується енергетики і може бути
використаний для спалювання рідких та газоподі-
бних видів палива у системах опалення печей пе-
риодичної і неперіодичної дії вогнетривкої, скляної,
металургійної, машинобудівної галузей промисло-
вості, а також у системах опалення плавильних,
сушильних і термічних печей

Відомим є турбулізаційний пальник, до складу
якого надходить корпус, у якому вісесиметрично
розташована змішувальна камера, яка з одного
боку поєднана з патрубком подачі палива, а з дру-
гого боку - з вихідним дифузормим соплом. Змішу-
вальна камера виконана з трьома ступенями змі-
шування, кожний з яких має кризні канали

При цьому трьохступінчаста змішувальна ка-
мера виконана прямокутної форми у вигляді кону-
соподібної та циліндричної фігур. Між корпусом і
зовнішньою поверхнею змішувальної камери утво-
рений кільцевий повітряний колектор з патрубком
подачі повітря. Причому у кожному ступені змішу-
вача виконані два ряди каналів, перший з яких
виконаний похилим, а інший радіально-похильним,
входять у які мають конфузорму форму. Додатково
пальник може містити вихідну соплову головку,
приєднану до виходу змішувальної камери змішу-

вача, яка має кільцевий зубчастий турбулізуючий
виступ, який своїми зубцями утворює щільні вихі-
дні сопла, що забезпечує роботу пальника на рід-
кому паливі (п. України № 25639 від 01 01 95 р.)

Недоліком пальника є недопалювання палива
через невисоку якість сумішоутворення палива з
повітрям, а отже його неповне турбулентне зго-
рання. Це стається унаслідок слабої збуреної дії
повітря на потік палива, на увесь об'єм повітропа-
ливної суміші, що обумовлено тим, що потік, про-
ходячи через змішувальні камери, які мають цилін-
дричну та конусоподібну форму, закручується
тільки по верхньому шару потоку, залишаючи не-
збуреним внутрішній ламінарний шар паливопові-
тряної суміші. Унаслідок цього не стається турбу-
лентного згорання паливоповітряної суміші, а
частина палива недопалюється, у результаті чого
утворюється угарний газ, який виходить у атмос-
феру

Недоліком даного пальника є також нестабіль-
не горіння факела при збільшенні та зменшенні
тиску подачі палива. Стається відрив та винесення
факела при збільшенні тиску подачі палива і його
погасання. При зменшенні тиску подачі палива
стається западання факела усередину пальника і

(13) A

(11) 53343

(19) UA

його погасання

Крім того, для забезпечення роботи пальника на рідкому паливі, необхідно використовувати додатковий пристрій у вигляді соплової головки, що ускладнює конструкцію пальника

Найбільш близьким до об'єкту, що заявляється, є газовий пальник, до складу якого надходить тороподібна змішувальна камера, яка у поперечному перерізі має форму еліпса, мала вісь якого нахилена до осі камери, та яка оснащена кризними інжекційними каналами і поєднана, з одного боку, з інжектором, а з другого - з вихідним дифузормим соплом. При цьому, у порожнині камери з боку вихідного сопла виконано уступ з кризними інжекційними каналами, спряжений своїм вільним краєм за допомогою ділянки еліпса з вихідним зрізом дифузормого сопла (а с СРСР № 1588993 від 16 09 88 р.)

У порівнянні з аналогом даний пальник дозволяє підвищити повноту турбулентного згорання палива за рахунок використання тороподібноі камери, яка забезпечує максимальне проявлення турбулентної дифузії та ефективного змішування палива і повітря не тільки у поверхневому шарі, а й по усьому об'єму паливоповітряного потоку, у результаті чого забезпечується повне турбулентне згорання палива і зменшується викид угарного газу у атмосферу

При цьому пальник може працювати на різноманітних видах палива (газі, мазуті, масповідходах, вугільній пилі тощо) без використання додаткових пристроїв, що спрощує його конструкцію

Однак, недоліком даного газового пальника є недостатня ефективність турбулізації паливоповітряної суміші та повнота її згорання, а також нестабільність роботи при розширенні діапазону теплових потужностей, яка проявляється у відриві та винесенні факела горіння під час подачі палива при збільшенні тиску і западанні факела усередині пальника та його погасання при зменшенні тиску

У основу винаходу поставлена задача створення такої конструкції пальника, у якому шляхом використання принаймні однієї додаткової змішувальної камери, лінійні розміри якої виконані у відповідному співвідношенні до аналогічних розмірів першої змішувальної камери, і принаймні одного проміжного інжектора, виконаного у відповідному співвідношенні його вхідного діаметра до його висоти, створюється резонуючий акустичний ефект між змішувальними камерами, який посилює густину потоку потужності ультразвукових коливань, у результаті чого забезпечується високий ступінь турбулентного згорання палива та стабільне горіння факела при розширенні діапазону теплових потужностей

Поставлена задача досягається тим, що відомий пальник, до складу якого надходить тороподібна змішувальна камера, яка у поперечному перерізі має форму еліпса, мала вісь якого нахилена до осі камери, та яка оснащена кризними інжекційними каналами і поєднана, з одного боку, з інжектором, а з другого - з вихідним дифузормим соплом, згідно з винаходом обладнаний принаймні однією додатковою змішувальною тороподібною камерою, встановленою з боку вихідного дифузормого

сопла, і принаймні одним проміжним інжектором, кожний з яких встановлено між змішувальними камерами, при цьому співвідношення відповідних осей еліпсів камер складає $1 \div 1,5$, а співвідношення вхідного діаметра проміжного інжектора до його висоти - $1 \div 2,5$

У другій конкретній формі виконання на внутрішній поверхні камер можуть бути виконані горбики шорсткості

На внутрішній поверхні принаймні одного інжектора може бути виконана гвинтова нарізка

На внутрішній поверхні вихідного дифузормого сопла можуть бути встановлені завихрювачі

Завихрювачі при цьому можуть бути виконані у вигляді лопаток

Завихрювачі можуть бути розташовані по спіралі. Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю ознак винаходу і технічним результатом, що досягається, пояснюється наступним чином

Наявність додаткової змішувальної камери, виконаної аналогічно першій камері і встановленої разом з проміжним інжектором з боку вихідного дифузормого сопла, при співвідношенні відповідних осей еліпсів камер, обраному $1 \div 1,5$, і співвідношенні вхідного діаметра проміжного інжектора до його висоти, яке складає $1 \div 2,5$, дозволяє не тільки підвищити ефективність турбулізації паливоповітряної суміші та повноту її згорання, а й забезпечити стабільний процес горіння факела при розширенні діапазону теплових потужностей, а саме запобігти відриву та винесенню факела при збільшенні тиску подачі палива і западанню факела усередині пальника та його погасання при зменшенні тиску подачі палива. Це досягається у результаті виникнення акустичних коливань та появи резонуючого ефекту між змішувальними камерами, який виникає у результаті накладення інтенсивного акустичного поля однієї змішувальної камери на акустичне поле іншої змішувальної камери. Збільшення густини потоку потужності ультразвукових коливань дозволяє збільшити швидкість дифузормого масообміну і отримати однорідний тонкодисперсний турбулентний паливоповітряний потік, який забезпечує повне турбулентне згорання паливоповітряної суміші та стабільний процес горіння факела з мінімальною кількістю викиду шкідливих речовин у атмосферу. При цьому стабілізація процесу горіння факела відбувається унаслідок того, що акустичне поле, випромінюване вихідним дифузормим соплом, накладається на кореневу частину факела, інтенсифікуючи процес горіння паливоповітряної суміші. У результаті відбувається розрідження, яке викликає дифузію повітря з навколишнього середовища, що позитивно впливає на утримання зони горіння факела на деякій відстані від вихідного дифузормого сопла. Крім того, на утворення турбулентного однорідного потоку позитивно впливає, що пальник на внутрішній поверхні змішувальних камер додатково має, наприклад, розташовані хаотично горбики шорсткості, що змушує додатково змінювати вектори швидкостей частинок потоку. На внутрішній поверхні принаймні одного інжектора додатково виконана, наприклад, гвинтова нарізка, а на внутрішній поверхні вихідного дифузормого сопла додатково встановлені, на-

приклад, завихрювачі у вигляді лопаток, розташованих по спіралі, що надає збуреному паливоповітряному потоку вихороподібного руху, і тим самим посилює турбулізацію потоку по усьому об'єму паливоповітряної суміші. Горіння закручених потоків паливоповітряної суміші відбувається більш інтенсивно, ніж прямоточних потоків.

Таким чином, даний пальник дозволяє отримувати високого ступеня згорання палива по усьому об'єму, і за рахунок створення резонуючого ефекту, який виникає між змішувальними камерами, досягти стабільного горіння факела при широкому діапазоні теплових потужностей як при низькому тиску подачі палива, так і при високому тиску подачі палива.

Сутність винаходу пояснюється на кресленнях, де на фіг 1 показаний загальний вигляд пальника.

Пальник складається з двох тороподібних змішувальних камер 1 і 2, які у поперечному перерізі мають форму еліпса, мала вісь яких нахилена до осі камер, інжектора 3, через який відбувається подача палива, проміжного інжектора 4, розташованого між камерами 1 і 2, та вихідного сопла 5. При цьому змішувальні камери 1 і 2 обладнані кризними інжекційними каналами 6, крім того, на внутрішній поверхні камер 1 і 2 виконані, наприклад, горбики шорсткості 7, на внутрішній поверхні інжектора 3 виконана, наприклад, гвинтова нарізка 8, а на внутрішній поверхні вихідного дифузорового сопла 5 встановлені, наприклад, завихрювачі 9, виконані у вигляді лопаток, розташованих по спіралі. Кризні інжекційні канали 6 для підсмоктування повітря кожної камери 1 і 2 розташовані спіралеподібно, що сприяє завихренню потоку уже на вході у камеру. Вхідний зріз 10 проміжного інжектора 4 та вихідного дифузорового сопла 5 утворює при перетині з ділянкою еліпса камери 1 і 2 відповідно гостру кромку 11.

Пальник функціонує таким чином.

Потік палива (рідкого або газоподібного) під тиском 0,02 - 4,8 атм через інжектор 3 подається у тороподібну змішувальну камеру 1, у якій здійснюється закручування палива і підсмоктування повітря через кризні інжекційні канали 6 за рахунок виникаючого розрідження. Причому гвинтова нарізка 8 на внутрішній поверхні інжектора 3, а також спіралеподібне розташування інжекційних каналів 6 сприяють закручуванню ламінарного потоку уже на вході у камеру 1. Горбики шорсткості 7, розташовані на внутрішній поверхні камери 1, змушують частинки потоку змінювати вектори швидкостей, створюючи додаткове завихрення потоку. У змішувальній камері 1 утворюється паливоповітряна суміш, що витікає через зріз 10 додаткового інжектора 4, який для камери 1 є вихідним дифузоровим соплом, виконаним у вигляді зрізаного конуса з гострою кромкою 11. Потік суміші, який виходить з інжектора 4, взаємодіючи з гострою кромкою 11, генерує ультразвукові коливання у змішувальній камері 1 за рахунок пульсації тиску суміші у цій камері. Ці пульсації виникають за рахунок тертя газу при змінних по траєкторії його закручування лінійних швидкостях, напрямках та об'ємах, утворених турбулізуючими горбиками шорсткості, а також пульсуючого від'єданого стрибка згущення

суміші, викликаного взаємодією струменя суміші з гострою кромкою 11 проміжного інжектора 4. Проміжний інжектор 4 генерує акустичні коливання у змішувальній камері 1 за рахунок пульсуючого градієнта тиску у порожнині змішувальної камери 1 та порожнині проміжного інжектора 4. Турбулізований вихороподібний паливоповітряний потік, виходячи з проміжного інжектора 4, потрапляє у наступну змішувальну камеру 2, при цьому статичний тиск падає і у центральній частині камери знову утворюється розрідження, унаслідок чого відбувається підсмоктування повітря через інжекційні канали 6 камери 2. У змішувальній камері 2 процеси протікають аналогічно процесам у камері 1, але більш інтенсивно, оскільки у камері 1 паливоповітряний потік уже отримав попереднє збурення. При цьому на процес інтенсифікації турбулізації суттєво впливає лінійне співвідношення розмірів змішувальних камер та їх розташування відносно одна одної. Акустичні поля змішувальних камер накладаються одне на одне, утворюючи резонуючий ефект, унаслідок якого інтенсифікується утворення однорідного тонкодисперсного турбулентного паливоповітряного потоку, який проходячи по вихідному дифузоровому соплу 5 додатково закручується завихрювачами 9. У результаті на виході з дифузорового сопла 5 витікає закручений тонкодисперсний турбулентний паливоповітряний потік, який забезпечує високий ступінь турбулентності згорання палива та стабільне горіння факела при розширенні діапазону теплових потужностей, з мінімальною кількістю викидів шкідливих речовин у атмосферу, причому при збільшенні тиску подачі палива запобігається відрив та винесення факела горіння, а при зменшенні тиску подачі палива запобігається западання факела усередину пальника і його погасання.

При цьому подача палива може здійснюватися як через інжектор 3, як це описано у прикладі виконання, так і через кризні інжекційні канали 6, а подача повітря - через інжектор 3. У цьому випадку протікання процесів у пальнику буде проходити аналогічним чином, зберігаючи оптимальне співвідношення палива і повітря.

Можливість здійснення даного винаходу підтверджується розробкою експериментального зразка пальника, який пройшов випробування у Кам'янець-Шахтинському випробувальному центрі пальникових пристроїв і показав, що пальник забезпечує утворення паливоповітряної тонкодисперсної суміші, повне турбулентне згорання та стабілізацію горіння факела при розширенні діапазону теплових потужностей. Випробуваннями встановлено, що мінімальна робоча теплова потужність становить 70 кВт, максимальна - 370 кВт. Об'єм оксидів вуглецю у сухих продуктах згорання (при $\alpha = 1,0$) у діапазоні робочого регулювання - 0,001% (по СЭВ 621 - 83 - не більше 0,05%). Втрати тепла від хімічної неповноти згорання на виході з камери горіння стенда - 0,002% (по СЭВ 621 - 83 і ГОСТ 21204 - 83 - не більше 0,4%). Довжина факела ж 2,0 м. Рівні звуку та звукового тиску у незначній мірі перевищують допустимі норми, визначені вимогами ГОСТ 12 1 003 - 83.

