



УКРАЇНА

(19) UA (11) 63678 (13) U  
(51) МПК  
F23D 14/02 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) СУМІСНА ПАЛЬНИКОВА СИСТЕМА КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ

1

2

(21) u201109945

(22) 10.08.2011

(24) 10.10.2011

(46) 10.10.2011, Бюл.№ 19, 2011 р.

(72) ВАРЛАМОВ ГЕННАДІЙ БОРИСОВИЧ, ПОЗ-  
НЯКОВ ПАВЛО ОЛЕГОВИЧ, ПРИЙМАК КАТЕРИ-  
НА ОЛЕКСАНДРІВНА, ОЛІНЕВИЧ НАТАЛІЯ ВО-  
ЛОДИМИРІВНА

(73) ВАРЛАМОВ ГЕННАДІЙ БОРИСОВИЧ

(57) 1. Сумісна пальникова система камери зго-  
рання газотурбінної установки (ГТУ), що містить  
черговий (центральный) та робочі (периферійні)  
пальники, міжтрубний паливний простір яких вико-

нує функцію паливних колекторів, яка **відрізня-  
ється** тим, що усі пальники об'єднані у суцільний  
пальниковий пристрій діаметром на увесь переріз  
фронтального пристрою на п'ять міліметрів менше за  
внутрішній діаметр великого периферійного повіт-  
ряного реєстру за допомогою з'єднаних нероз'єм-  
но трубних дошок та відокремленням паливного  
простору чергового та робочого пальників один від  
одного боковою поверхнею шестигранної вставки.  
2. Сумісна пальникова система камери згорання  
ГТУ за п. 1, яка **відрізняється** тим, що повітряні  
трубки у трубних дошках чергового та робочого  
пальників мають наскрізне шахове розміщення.

Корисна модель належить до газотурбінної області і може бути використана при модернізації чи створенні камер згорання трубчастого типу енергетичних та транспортних газотурбінних установок (ГТУ), у тому числі у складі газоперекачувальних агрегатів (ГПА).

Відомий фронтний пристрій камери згорання ГТУ [Газотурбинные установки. Конструкция и расчет /Справочное пособие под общей редакцией Л.В. Арсеньева и В.Г. Тырышкина. - Л.: Машиностроение, 1978. - 232с; Vesely S.Prezentace firmy EKOL. - Brno: EKOL 2004. - 169s.], який складається з фронтальної конічної стінки великого діаметра, яка має сім отворів меншого діаметру, розташованих симетрично: один - у центрі, а шість - на периферії, такої ж кількості циліндричних патрубків, що з'єднані торцями з даними отворами, семи лопаткових реєстрів, які змонтовані у внутрішній частині циліндричних патрубків та газових труб з форсунками, які вільно входять у внутрішню втулку кожного з лопаткових реєстрів.

При такому конструктивному рішенні фронтального пристрою центральний пальник виконує функції пускового та чергового пальника, на який подається невелика частка паливного газу при запуску камери згорання ГТУ, і після виходу цього пальника на номінальний режим роботи починається подача газу на периферійні пальники, чим забезпечується запуск камери згорання.

Недоліком даного фронтального пристрою є те, що застосування периферійних пальників реєстрового типу як елементів конструкції багатопальникових фронтальних пристроїв ускладнюють конструкцію, технологію виготовлення, умови експлуатації та створюють високу неоднорідність аеродинамічної та термічної структури потоку на виході з жарової труби камери згорання, мають високий аеродинамічний та термічний опір камери згорання. Все це сприяє створенню високого рівню емісії токсичних оксидів азоту ( $\text{NO}_x$ ) та оксиду вуглецю ( $\text{CO}$ ) у продуктах згорання та додаткових втрат енергії у трактах камери згорання, внаслідок чого зменшується коефіцієнт корисної дії установи.

До цього слід додати, що утворення реєстровими пальниками збагаченої паливом зони зворотних потоків призводить до утворення неоднорідних течій з високою температурою, обгорання вихідних кромок лопаток реєстру та коксування газових отворів у багатосоплових насадках. Окрім того, неоднорідність полів швидкостей паливоповітряної суміші призводить до збільшення часу перебування суміші у зоні вигорання палива та підвищення концентрації  $\text{CO}$  у продуктах згорання.

Ще одним вагомим недоліком таких багатопальникових фронтальних пристроїв є те, що їх компоновальна схема характеризується наявністю декількох пальникових секцій, у яких встановлюються по сім-десять реєстрових пальникових модулів

(13) U  
(11) 63678  
(19) UA

меншого діаметру, кожний з яких має окрему газову трубу для підведення палива, що значно ускладнює технологію виготовлення такого фронтального пристрою, а вихрова аеродинамічна структура за кожним з реєстрових пальникових модулів сприяє надмірній втраті повного тиску у камері згорання ГТУ і призводить до зниження коефіцієнта корисної дії ГТУ.

Додатковим недоліком є те, що при багатомодульній пальниковій схемі досить неефективно використовується поперечний переріз фронтального пристрою, коефіцієнт розкриття якого по повітряному потоку складає не більше 5...10 відсотків. Це вимагає при фіксованому міделевому перерізі фронтального пристрою застосування підвищених швидкостей повітряного потоку, що є додатковою причиною втрат повного тиску.

Відомий багатопальниковий фронтний пристрій камери згорання ГТУ [Любчик Г.Н. и др. Разработка и предварительные исследования струйных газогорелочных устройств для многогорелочной камеры сгорания ГТУ /В сб. Энергетическое машиностроение, вып. 14. - Харьков: ХГУ. - С. 93-100], який складається з фронтальної конічної стінки великого діаметру, яка має сім отворів меншого діаметру, розташованих симетрично: один у центрі, а шість на периферії, такої ж кількості циліндричних патрубків, що з'єднані торцями з даними отворами, семи пальників струминного типу, які змонтовані у внутрішній частині циліндричних патрубків. Кожний струминний пальник складається з двох перфорованих конічних стінок, одна з яких охолоджувальна, а друга робоча, двох втулок: зовнішньої та внутрішньої та газової труби з форсункою, яка з'єднана з внутрішньою втулкою.

Особливістю перфорації охолоджувальної стінки є те, що на ній розташовані повітряні отвори однакового діаметру рівномірно по всій поверхні.

Особливістю перфорації робочої стінки є те, що отвори для подачі повітря на ній розташовані по дотичній на конічній поверхні стінки і утворюють систему затінених секторів, вздовж яких подається паливо через газові отвори форсунки, завдяки чому реалізується стійке та ефективно згорання палива при високих та змінних надлишках повітря [Христин В.А., Любчик Г.Н. Газогорелочные устройства для сжигания газа при высоких и переменных избытках воздуха. - М.: ВНИИЗГАЗПРОМ, 1978. - 59с.]. При цьому, у повній мірі досягається ефект мікродифузійного горіння, коли зона горіння складається з великої кількості дифузійних мікрофакелів, кількість яких визначається кількістю повітряних отворів на поверхні робочої стінки, що забезпечує високий рівень вигорання палива.

Багатопальниковий фронтний пристрій з струминними пальниками має недоліки, які обумовлені достатньо високою втратою повного тиску, яка пов'язана із наявністю двох послідовно підключених перфорованих стінок у пальнику та подачею повітряних струменів під кутом до осі камери згорання. Крім того, струминні пальники мають круглий поперечний переріз, що не дозволяє отримати необхідний рівень розкриття поперечного перерізу багатопальникового фронтального пристрою.

Відомий багатопальниковий фронтний пристрій камери згорання ГТУ [Пат. України на користь модель №26058, МПК (2006) F23D 14/02, зареєстрований 27.08.2007 р., бюл.23, автори Любчик Г.М., Говдяк Р.М., Варламов Г.Б., Пужайло О.Ф., Мікулін Г.О., Чабанович Л.Б., Шелковський Б.І.], у якому внаслідок застосування периферійних пальників з двома плоскими перфорованими стінками, які мають у плані пелюсткову форму, досягається підвищення ступеня розкриття поперечного перерізу фронтальної конічної стінки, завдяки чому зменшується аеродинамічний та термічний опір камери згорання, підвищується аеродинамічна та термічна однорідність потоку, що сприяє зменшенню довжини факелу, досягається зниження емісії оксидів азоту і оксиду вуглецю, підвищується ефективність роботи ГТУ.

Цей технічний результат прийнятий нами за найближчий аналог.

Виконання пальникової секції у вигляді периферійного чарункового каркасу, який з'єднаний з фронтальною конічною стінкою і в чарунки якого вільно вмонтовані периферійні пальники сприяє підвищенню надійності роботи фронтального пристрою при змінних режимах експлуатації камери згорання ГТУ, а застосування пальників зі стінками пелюсткової форми дозволяє реалізувати найбільш ефективний спосіб дифузійного горіння палива в напрямку реалізації мікродифузійного горіння, яке характеризується створенням системи локальних факелів, кількість яких визначається кількістю повітряних каналів, що утворюються між перфорованими стінками периферійних пальників, а також застосування шахового компонування повітряних трубок у трубному пучку та газових отворів по вершинам правильних шестикутників навколо кожного повітряного каналу додатково забезпечує підвищення надійності роботи і енергетичних показників пальника та зменшення концентрації токсичних компонентів у продуктах згорання.

Недоліком пристрою за згаданим патентом є те, що у фронтальному розрізі вхідної частини у жарову трубу камери згорання залишаються металеві суцільні зони між отворами пелюсткової форми, які перешкоджають прямоточній схемі руху повітряної суміші, створюють певний аеродинамічний опір потоку і не дозволяють досягти рівномірного поля швидкостей при його входженні у камеру згорання. Окрім того, вони створюють температурне розшарування потоків у повітряних трубках, недосконалість сумішоутворення і згорання газоповітряної суміші у жаровій камері згорання.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення багатопальникового фронтального пристрою камери згорання ГТУ, у якому внаслідок застосування конструктивних трубчастих елементів по всьому перетину фронтальної частини камери згорання створено у єдиному корпусі пальникову систему з об'єднанням в ній чергового та робочого пальника і забезпечено якісне змішування паливного газу з повітрям, стійке горіння з мінімальним недопалом ( $C_xH_y$ ) і викидами оксидів азоту й окислів СО у широкому діапазоні навантаження від 10 до 100 %.

Поставлена задача вирішується тим, що фронтний пристрій камери згоряння з фронтальною конічною стінкою замінено у торцевій частині зі сторони подачі повітря на суцільний пальниковий пристрій з периферійною (робочою) і внутрішньою (черговою) частинами, що займає увесь його переріз і конструктивно виконаний з трубок, з'єднаних за допомогою внутрішньої (зі сторони кришки камери згоряння) і зовнішньої (зі сторони жарової труби) трубних дощок у плоску перфоровану для проходження повітря металеву систему з відокремленням у ній за допомогою металевих пластин рівнобічної шестикутної системи - чергового пальника завдяки ущільненому нероз'ємному з'єднанню їх бокових частин з трубними дошками для відокремлення газового простору чергового пальника від газового простору робочого пальника з подачею у них паливного газу через газопідвідні трубки, що приєднані до внутрішніх трубних дощок та виходом його через газові отвори у зовнішніх трубних дошках.

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями.

На фіг. 1 зображено фронтальний вигляд сумісної пальникової системи камери згоряння; на фіг. 2 - фронтальний вигляд чергового пальника; на фіг. 3 - поздовжній розріз сумісної пальникової системи камери згоряння; на фіг. 4 - загальний вигляд сумісної пальникової системи.

Сумісна пальникова система камери згоряння (Фіг. 3) має дві трубні дошки: внутрішню 1 та зовнішню 2, які між собою з'єднані повітряними трубками 3. Внутрішня трубна дошка периферійного робочого пальника в центрі має отвір у формі шестикутника, у який вставляється трубна дошка чергового пальника 4 (Фіг. 2). Трубна дошка робочого та чергового пальників відокремлюється шестигранною боковою поверхнею вставки 5, яка нероз'ємно приєднується до внутрішніх трубних дощок робочого та чергового пальників своєю боковою поверхнею і таким чином, разом з трубними дошками та зовнішньою оболонкою 6, створюються два відокремлені міжтрубні простори 7 та 8 (Фіг. 3), які виконують функції паливних колекторів відповідно чергового та периферійного пальників. Шестигранна вставка та оболонка з'єднуються шістьма повітонаправляючими пластинами 9 (Фіг. 4). Природний газ подається через паливну трубку 10 (Фіг. 3) в міжтрубний простір чергового пальника, а через паливні трубки 11 - в міжтрубний простір робочого пальника.

Повітряні трубки у трубному пучку (Фіг. 1) мають шахове розміщення, а паливні отвори 12 на зовнішній трубній дошці розміщені по вершинах правильних шестикутників і мають однакову відстань (s) між суміжними паливними отворами, що розташовані навколо повітряних трубок 3 (Фіг. 1). Сумісна пальникова система працює наступним чином.

Перед подачею палива на пальник забезпечується подача повітря від осьового компресора (ОК) ГТУ на весь фронтальний переріз камери згоряння. Паливний природний газ спочатку подається на черговий пальник через паливopідвідну трубку 10 (Фіг. 3), що знаходиться у центральній частині суцільного пальникового пристрою. За рахунок іскрового займання загоряється газоповітряна суміш у запальнику, що забезпечує загоряння газоповітряної суміші чергового пальника 4 (Фіг. 2), який забезпечує прогрівання жарової труби і всього газового тракту ГТУ. Після досягнення у жаровій трубі необхідної температури паливний газ подається на робочий пальник через шість паливopідвідних трубок 11 (Фіг. 3).

За рахунок розташування газових отворів чергового і робочого пальників на незначній відстані один від одного відбувається перекидування полум'я з чергового на робочий пальник, що забезпечує плавний перехід камери згоряння від розігріву до входження у робочий режим. Фактично в робочому режимі роботи КЗ на фронтальному перерізі розташовані мікродифузійні локальні факели, кількість яких дорівнює сумарній кількості повітряних трубок чергового і робочого пальників, що забезпечує високоефективне і екологічне безпечне спалювання газоподібної суміші, високого рівня рівномірності температурного поля у поперечному і поздовжньому розрізі жарової труби, незначну величину аеродинамічного опору повітряному потоку, що надходить від ВК, збільшення коефіцієнту надлишку повітря і зниження рівня температур у КЗ, на вході в турбіну високого тиску, турбіну низького тиску і у вихлопному колекторі.

Ці особливості сумісної пальникової системи камери згоряння ГТУ дозволяють підвищити ефективність ГТУ у широкому діапазоні навантажень від 10 до 100 відсотків, отримати економію паливного газу і знизити емісію шкідливих речовин в атмосферне повітря.

При такій конструкції сумісної пальникової системи камери згоряння ГТУ відбувається спрощення технології його виготовлення і монтажу, вирішується проблема надійності роботи фронтального пристрою, забезпечується підвищення ефективності роботи камери згоряння агрегату у широкому діапазоні зміни навантаження, досягається відповідність нормативним вимогам щодо емісії токсичних оксидів азоту ( $\text{NO}_x$ ) та оксиду вуглецю ( $\text{CO}$ ).

Екологічна ефективність корисної моделі полягає у значному зниженні шкідливих викидів ГТУ, пов'язаних з процесами, що відбуваються у камері згоряння, одночасно досягається аеродинамічна та термічна однорідність робочого тіла перед сопловим апаратом газової турбіни, досягається зменшення витрат паливного газу на власні потреби шляхом зменшення аеродинамічного опору єдиного фронтального пристрою в складі камери згоряння ГТУ.

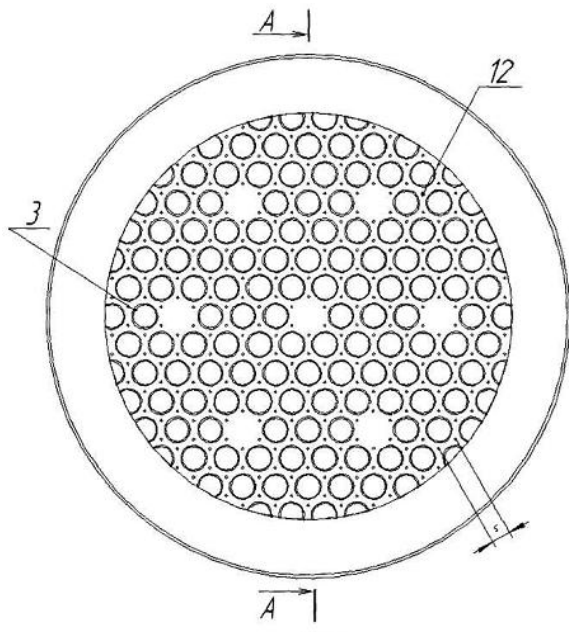


Fig. 1

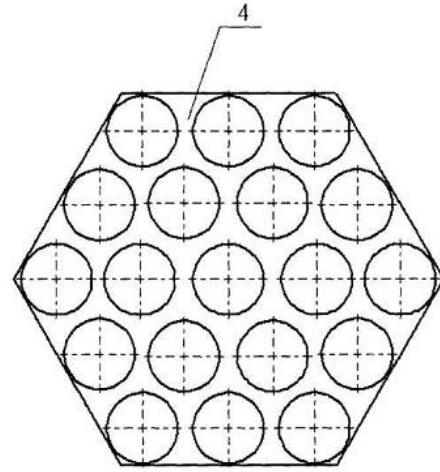


Fig. 2

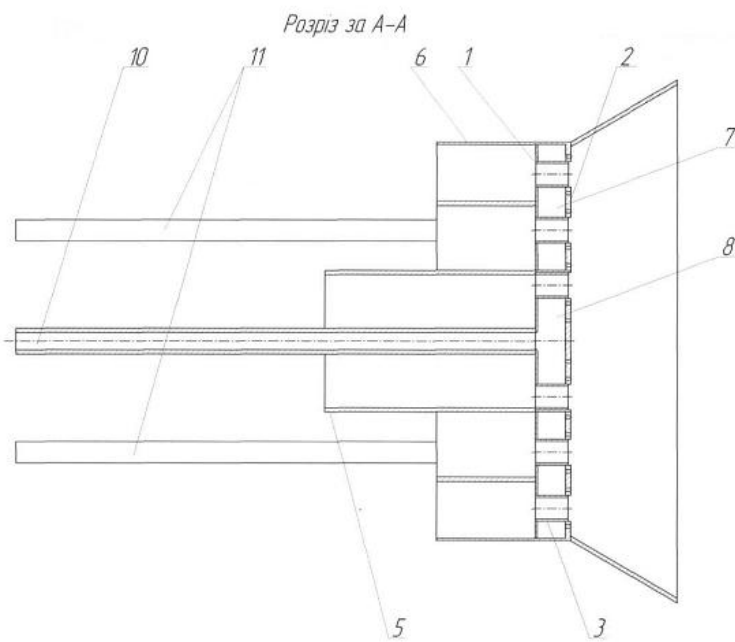


Fig. 3

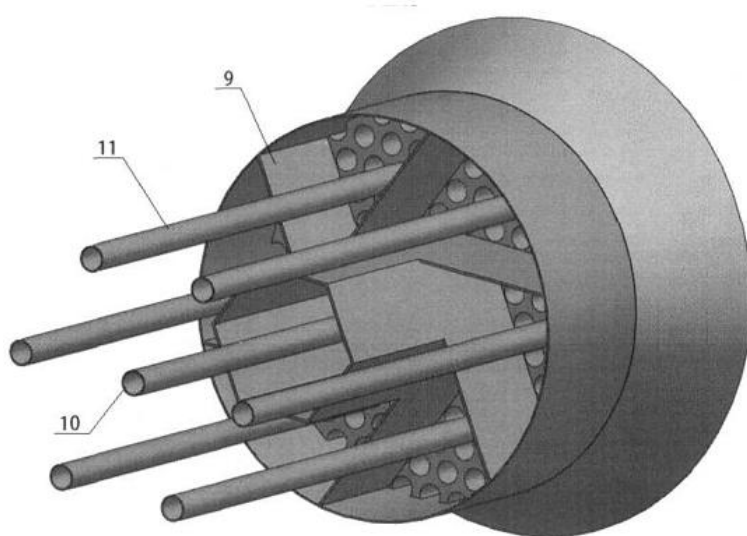


Fig. 4