

Винахід належить до пристроїв для спалювання газу, в яких газоподібне паливо змішується з повітрям до зони горіння, а камера згорання розташована під водою. Апарат може бути використаний для нагрівання або випарювання рідини в різних технологічних процесах і системах децентралізованого опалення.

Відомий занурений пальник (А.С. СРСР 879154, F23D<sup>3</sup> 13/08, 1981), що містить корпус з патрубками подачі палива і повітря, до якого приєднана футерована камера згорання. Камера згорання оточена кожухом з патрубком подачі повітря охолодження. До нижньої частини камери згорання приєднана довга вихлопна труба, співвісно з якою закріплена обичайка з патрубком подачі рідини, що обробляється, утворюючи при цьому кільцевий канал. На нижньому зрізі вихлопної труби укріплений відбивач, а в кільцевому каналі встановлена гвинтова направляюча перегородка.

Відомий випарний апарат зануреного горіння (А.С. СРСР 1398881, F23D<sup>4</sup> 14/44, 1988) із пальником і футерованою камерою згорання, до нижньої частини якої приєднано конічний вихлопний патрубок. До патрубка приєднаний газорозподільний перфорований насадок з отворами різного діаметра. Діаметр отворів збільшується в міру віддалення від вершини конуса.

Як прототип прийнятий занурений пальник (А.С. СРСР 1219874, F23D<sup>4</sup> 14/44, 1986), що містить корпус із завихрювачем і патрубками для подачі палива й повітря. До нижньої частини корпусу приєднана суцільнометалева камера згорання. Камера згорання виконана у вигляді двох зрізаних конусів - дифузора (вхідного) та конфузора (вихідного), з'єднаних циліндричною ділянкою більшими основами. До вхідного конуса приєднаний патрубок для введення запального пристрою. До вихідного конуса приєднаний вихлопний патрубок. Навколо вихлопного патрубка співвісно встановлена циркуляційна труба, що має в нижній частині ряд отворів, утворюючи кільцевий зазор. У кільцевому зазорі між вихлопним патрубком і трубою встановлена демпферна решітка.

При роботі прототипу потрібний високий тиск повітря і газу на вході в пальник у зв'язку із зануренням камери згорання і підвищенням опором тракту продуктів згорання. Спостерігається обмеженість діапазону навантажень при роботі в режимі стійкого горіння, а також відкладення солей (утворення накипу) у нижній частині вихлопного патрубка, що призводить до збільшення глибини занурення і як наслідок - потрібного напору повітря (патрубок як би подовжується за рахунок заростання відкладеннями солей вихідної кромки).

В основу винаходу поставлене завдання удосконалення конструкції апарата зануреного згорання, у якому в результаті зміни конструкції камери згорання та газорозподільного пристрою забезпечується зниження аеродинамічного опору тракту продуктів згорання, і за рахунок цього зменшуються витрати енергії на подачу палива й окислювача та розширюється діапазон навантажень.

Поставлене завдання вирішено тим, що в апараті зануреного згорання, що містить пальник із патрубками для подачі палива і повітря, приєднану до його нижньої частини камеру згорання, виконану у вигляді сполучених через циліндричну ділянку конфузора та дифузора, циркуляційний стакан, розміщений навколо камери згорання з кільцевим зазором, а також газорозподільний пристрій, згідно з винаходом, дифузorna частина камери згорання виконана у вигляді системи п зрізаних конусів із кутами розкриття, що прогресивно збільшуються (вписаних у поверхню тора, що має еліптичну утворюючу), та перехідного конуса сполучення дифузору з циліндричною частиною, а нижня, конфузorna, частина камери згорання виконана у вигляді системи k сполучених зрізаних конусів, до нижнього з яких через перехідний циліндр приєднаний перфорований газорозподільний пристрій, нижня частина якого має плоску тарілчасту форму, а верхня - виконана у вигляді зрізаного конуса.

Додатковими ознаками є те, що:

1. Значення кутів  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{k-1}, \alpha_k$  між утворюючими конусів конфузornoї частини камери, згорання та площиною, перпендикулярною вісі камери згорання, поступово зменшуються та підпорядковані виразу:

$$\pi/2 < \alpha_1 < \alpha_2 < \dots < \alpha_{k-1} < \alpha_k \leq 5\pi/6.$$

2. Значення кута  $\gamma$  між утворюючою поверхні конічної ділянки перфорованого газорозподільного пристрою і площиною, перпендикулярною вісі камери згорання, підпорядковані виразу:

$$\alpha_k - \pi/2 \leq \gamma \leq \pi/3.$$

Форма дифузornoї частини камери згорання підвищує ймовірність виникнення ефекту Коанда, при якому факел розповсюджується по внутрішній поверхні камери згорання (режим розімкненого факелу), не утворюючи додаткових вихрів і, таким чином, мінімізуючи втрати тиску, що зменшує потрібний тиск палива та повітря, а в його гирлі створюється додаткове розрідження, що інтенсифікує приосьову рециркуляцію продуктів згорання та розширює діапазон навантажень. Пропонована конфузorna частина інтенсифікує рециркуляцію частково охолоджених продуктів згорання та у разі виконання умови  $\alpha_k - \pi/2 \leq \gamma \leq \pi/3$  попереджує створення замкнених циркуляційних течій рідини у місцях виходу газових струменів, що спричиняють заростання відкладеннями солей нижньої частини камери згорання та газорозподільного пристрою і збільшують тут втрати тиску. Форма пропонованого газорозподільного пристрою, завдяки перфорованій конічній ділянці, зменшує ефективну глибину занурення й кут повороту газових струменів при виході в рідину, що нагрівається, і, як наслідок, вихроутворення і час перебування рідини в місцях виходу в неї димових газів, що не дає змоги утворюватись тут накипу (відкладенням солей) і знижує аеродинамічний опір потоку продуктів згорання. В результаті всього витрати енергії на подачу палива й окислювача значно зменшуються.

Подовжній переріз апарату зануреного згорання зображений на кресленні (фіг.).

Апарат містить пальник 1 із патрубком подачі повітря 2 і патрубком подачі палива 3, на якому встановлений газосопловий насадок 4, та співвісно встановленим гвинтом-завихрювачем 5. До нижньої частини корпусу приєднана камера згорання 6, що складається з дифузора 7, циліндричної ділянки 8 і конфузора 9. Корпус пальника з'єднаний з камерою згорання в найбільш вузькому перетині - пережимі проточної частини. Дифузор 7 виконаний у вигляді системи п сполучених зрізаних конусів та конуса сполучення з циліндричною частиною. У конфузорі 9 по колу виконана система отворів 10. Сам конфузор виконаний у вигляді системи k сполучених зрізаних конусів, до нижнього з яких через перехідний циліндр приєднаний газорозподільний пристрій 11, який виконано з перфорованих конічної 12 і плоскої тарілчасті 13 ділянок. Навколо камери згорання співвісно з нею встановлений циркуляційний стакан 14, що утворює з нею кільцевий зазор 15 змінного перетину, причому цей перетин мінімальний у верхній частині. Нижній зріз

циркуляційного стакану 14 розташований нижче газорозподільного пристрою 11. До дифузора 6 камери згоряння 5 приєднаний запальний палик 16. Значення кутів  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_{k-1}, \alpha_k$  між утворюючими конусів конфузора 9 та площиною, перпендикулярною вісі камери згоряння 6, поступово зменшуються та підпорядковані виразу  $\pi/2 < \alpha_1 < \alpha_2 < \dots < \alpha_{k-1} < \alpha_k \leq 5\pi/6$ . Значення кута  $\gamma$  між утворюючою поверхні конічної ділянки 12 перфорованого газорозподільного пристрою 11 і площиною, перпендикулярною вісі камери згоряння 6, підпорядковані виразу  $\alpha_k - \pi/2 \leq \gamma \leq \pi/3$ .

Були проведені експериментальні дослідження на ТОВ "Данверс", м. Кривий Ріг, де досліджувались апарати зануреного згоряння. Результати випробувань наведені в таблицях 1 та 2. Дифузورها частина камери згоряння складалася з одного та трьох конусів ( $n=1$  та 3), конфузорна частина з двох конусів ( $k=2$ ), причому варіювалось значення  $\alpha_k = \alpha_2$ :  $2\pi/3, 3\pi/4, 5\pi/6, 11\pi/12$  та  $\gamma$ :  $\pi/12, \pi/6, \pi/3, 5\pi/12, \pi/4$ .

Таблиця 1

Результати випробувань апарата зануреного згоряння при різному виконанні дифузорної частини

Вигляд дифузорної частини	Тиск повітря горіння, Па	Діапазон навантажень, % від номіналу
n=1	7200	40...110
n=3	6950	30...120

Таблиця 2

Результати випробувань апарата зануреного згоряння при різних значеннях кутів  $\alpha_k$  та  $\gamma$

$\alpha_k$ , рад	$\gamma$ , рад	Наявність відкладень солей: значні відкладення ++, незначні відкладення +, відсутність відкладень -			
		Тривалість досліджень, місяців			
		1	2	3	4
2π/3	π/12	-	+	++	++
	π/6*	-	-	-	-
	π/3*	-	-	-	-
	5π/12	-	-	+	++
3π/4	π/6	+	+	++	++
	π/4*	-	-	-	+
	π/3*	-	-	-	-
	5π/12	-	+	++	++
5π/6	π/4	+	+	++	++
	π/3*	-	-	-	+
	5π/12	-	+	++	++
11π/12	π/4	+	++	++	++
	π/3	+	+	++	++
	5π/12	-	+	+	++

\*також спостерігається найменший потрібний тиск повітря горіння.

З таблиці 1 можна зробити висновок про збільшення діапазону навантажень та зменшення потрібного тиску повітря горіння у разі виконання дифузорної частини камери згоряння у вигляді системи конусів у порівнянні з одним конусом. З таблиці 2 випливає, що при значенні  $\alpha_k \leq 5\pi/6$  завжди знаходиться такий діапазон  $\gamma$  ( $\gamma = (\alpha_k - \pi/2) \dots \pi/3$ ), при якому не спостерігається відкладень солей, при збільшенні  $\alpha_k$  відкладення

спостерігаються при будь-яких значеннях  $\gamma$ .

Апарат зануреного згоряння працює таким чином.

Апарат встановлюють у ванну, заповнену рідиною, при цьому при виключеному пальнику дзеркало води розташоване вище отворів 10. У запальний пальник 16 подають повітря, електричну іскру, після чого подають паливо. Після виникнення полум'я запального пальника 16 повітря на основний пальник подають по патрубку 2, а паливо до гирла основного пальника - по патрубку 3, при цьому унаслідок їхнього надлишкового тиску рідину витісняють з камери згоряння 6, і регулюють їхні витрати до запалення суміші та утворення розімкненого факелу, що розповсюджується по внутрішній поверхні дифузора 7. Далі запальний пальник відключають і, регулюючи витрати палива й повітря, забезпечують нормальний режим роботи апарату, при якому гарячі гази частково відриваються з основної зони горіння, утворюючи стійкий рециркуляційний потік до гирла пальника і підтримуючи надійне запалення суміші, а частково охолоджені продукти згоряння рециркулюють в основну зону горіння. Димові гази залишають камеру згоряння через отвори 10, дифузори 12 і плоский тарілчастий 13 перфоровані ділянки газорозподільного пристрою 11 і направляються в кільцевий зазор 15, захоплюючи за собою рідину і забезпечуючи ерліфтний ефект. Рухаючись по кільцевому зазору 15 газо-водяна емульсія, вихід якої здійснюють через верхній зріз циркуляційного стакану 14, ефективно охолоджує камеру згоряння. Замість викинутих порцій води нові надходять у кільцевий зазор 15 спочатку через нижній зріз циркуляційного стакану, а потім через газорозподільний пристрій.

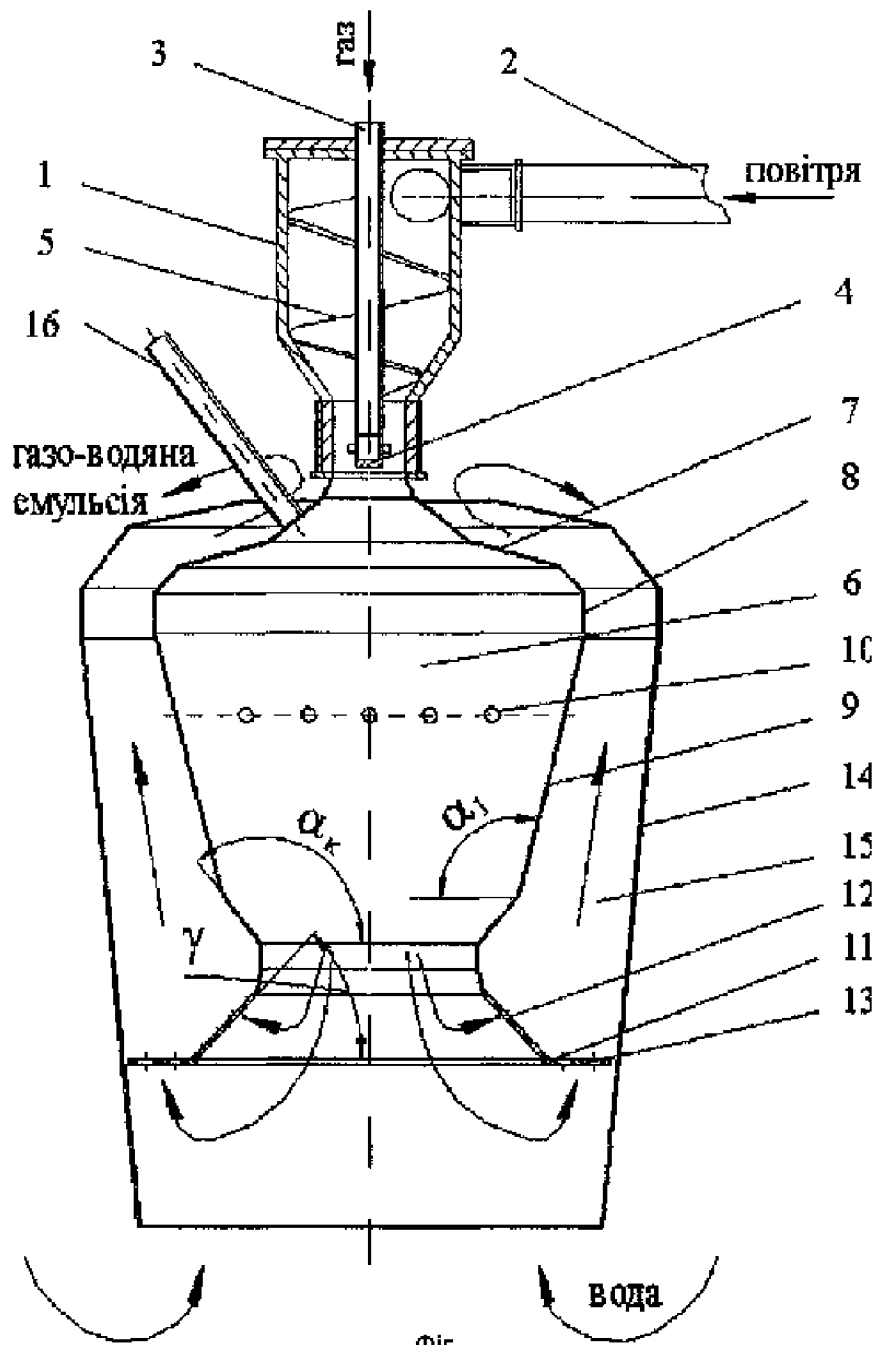
За результатами випробувань, проведених на ТОВ "Данверс" у Кривому Розі, встановлено, що завдяки описаній конструкції апарату, а по суті - форми камери згоряння та газорозподільного пристрою, забезпечуються у порівнянні з прототипом такі переваги:

стійкість спалення природного газу в діапазоні навантажень (витрат газу) більш 4:1, в той час як у зануреному пальнику, виконаному за А.С. СРСР 1219874, F23D14/44, 1986, (прототипі) він знаходиться у межах 3:1 (див. с. 30-31 брошури Сорока Б.С., Лукьянчиков А.С, Никитин В.Ю., Никольский В.Е. "Аппараты погружного горения для эффективного контактного нагрева жидкостей". М.: ВНИИЭГазпром. - 1989. - 56с);

відсутність відкладень на поверхні газорозподільного пристрою та стінках проточної частини камери згоряння та циркуляційного стакану, що встановлено при огляді апарату зануреного згоряння під час літніх періодичних ремонтних робіт;

зниження необхідного тиску компонентів горіння (природного газу та повітря) при збереженні глибини занурення камери згоряння на 1000...1200Па.

Пропонована конструкція апарату зануреного згоряння забезпечує усталену роботу в режимі розімкненого факелу з інтенсивною рециркуляцією продуктів згоряння в широкому діапазоні продуктивності і коефіцієнта надлишку повітря (1,1...2,5) при відсутності утворення накипу, рівномірному розосередженні газових пузирів, що направляються в кільцевий зазор, інтенсивній циркуляції рідини, що нагрівається, (практично відсутній градієнт температур у її обсязі). Отвори 10 при роботі запального пальника дозволяють димовим газам залишати камеру згоряння й істотно спрощують запуск пальника на знижених напорах пального й окислювача.



Фіг.