

Изобретение относится к горелкам для сжигания газа под давлением, в частности к радиационным (излучающим) горелкам. Горелка может быть использована в теплотехнических агрегатах и печах нефтехимического, нефтеперерабатывающего, химического, металлургического и других производств, где по условиям технологического процесса требуется организация косвенного радиационного теплообмена.

Известна газовая радиационная горелка, содержащая инжектор с газовым соплом, регулирующей воздушной шайбой и выходным цилиндрическим насадком, снабженным отражателем и размещенным в центральной амбразуре горелочного камня, который закреплен в кожухе, установленном с зазором относительно задней стенки горелочного камня [1].

Недостатком известной горелки является малый диапазон рабочего регулирования горелки по давлению, расходу и составу топливного газа.

Известна также газовая радиационная горелка, содержащая инжектор с газовым соплом и регулирующей воздушной шайбой, соединенный с выходным цилиндрическим насадком [2]. Выходной цилиндрический насадок размещен с образованием кольцевого зазора, равного  $(0,06-0,08)dn$ , в амбразуре горелочного камня, который установлен в кожухе горелки. Кожух снабжен установленной на выходном цилиндрическом насадке с образованием камеры вторичного воздуха поперечной перегородкой с воздухопроводными окнами. Передний торец выходного цилиндрического насадка выведен за пределы амбразуры горелочного камня на расстояние  $(0,07-0,09) dn$ , снабжен отражателем диаметром  $1,4dn$  в виде диска с хвостовиком, закрепленным в насадке, причем зазор между передним торцом насадка и диском отражателя составляет  $(0,2-0,3) dn$ , где  $dn$  - внутренний диаметр выходного цилиндрического насадка.

Конструкция горелки обеспечивает автоматическое пропорционирование расхода первичного и вторичного воздуха, что способствует увеличению диапазона регулирования горелки по давлению  $(0,03-0,05 \text{ МПа})$ , расходу и составу топливного газа (в пересчете на калорийность топливного газа от 12,6 до 120 МДж/м<sup>3</sup>). При этом коэффициент рабочего регулирования горелки составляет 8,0-8,5.

Однако известной газовой радиационной горелки присущи следующие недостатки.

В зоне смешения обедненной воздухом газовой смеси и вторичного воздуха, образованной прилегающим к амбразуре участком горелочного камня, выступающим за плоскость горелочного камня, участком выходного цилиндрического насадка инжектора и периферийным участком диска отражателя, протекает интенсивная реакция горения топливного газа и практически весь топливный газ сгорает на участке рабочей поверхности горелочного камня, непосредственно прилегающей к амбразуре. Это обуславливает высокую температуру конструктивных элементов, формирующих зону смешения (до 1200 К), и, следовательно, небольшой срок службы. Кроме того, это приводит к уменьшению эффективной площади излучения рабочей поверхности горелочного камня, на которой раскалено лишь относительно узкое кольцо вокруг амбразуры, в результате чего средняя плотность эффективного теплового потока известной горелки относительно невелика - 34 кВт/м<sup>2</sup> при расходе 35 м<sup>3</sup>/ч. Вследствие высокой температуры горения на упомянутом участке рабочей поверхности горелочного камня содержание оксидов азота ( $110x$ ) в продуктах сгорания довольно высоко - 0,8-1,1 мг/м<sup>3</sup>.

В основу изобретения поставлена задача создать конструкцию горелки, в которой путем оптимального подбора геометрических размеров перегородок и сегментных каналов, создающих участки разрежения, обеспечивается повышение эффективности сжигания топливного газа, снижение содержания оксидов азота в продуктах сгорания и увеличение долговечности конструктивных элементов горелки.

Поставленная задача решается тем, что в газовой радиационной горелке, содержащей инжектор с газовым соплом, регулирующей шайбой и выходным цилиндрическим насадком, размещенным с кольцевым зазором в амбразуре горелочного камня, закрепленного в кожухе, снабженном установленными на насадке с образованием камеры вторичного воздуха поперечными перегородками с воздухопроводными окнами, при этом насадок передним торцом выведен за пределы амбразуры и снабжен отражателем в виде диска с хвостовиком, закрепленным в насадке, согласно изобретению, цилиндрический насадок снабжен продольными пластинчатыми ребрами с отогнутыми под углом 30-60° концами, а горелочный камень выполнен с трапециевидными, расширяющимися к периферии пазами на торцевой поверхности, сопряженными с прямоугольными пазами на боковых поверхностях, образующими со стенками кожуха каналы для подачи продуктов сгорания, и продольными пазами на поверхности амбразуры, в которые заведены ребра насадка, разделяющие указанный кольцевой зазор на сегментные каналы, попеременно сообщенные с каналами для подачи продуктов сгорания и через воздухопроводные окна с камерой вторичного воздуха и имеющие в поперечном сечении величину, равную 0,2-0,3 от внутреннего диаметра выходного цилиндрического насадка.

В предлагаемой газовой радиационной горелке пазы, выполненные на боковых и торцевых стенках горелочного камня, перегородка кожуха и сегментные каналы в кольцевом зазоре между выходным цилиндрическим насадком инжектора и центральной амбразурой горелочного камня формируют систему подачи в зону горения продуктов сгорания, что позволяет разбавить реагирующую смесь инертными компонентами и, следовательно, растянуть зону горения по всей рабочей поверхности горелочного камня. Это обеспечивает повышение средней плотности эффективного теплового потока от рабочей поверхности горелочного камня.

Наличие участков разрежения - пазов, выполненных на боковых стенках горелочного камня, обеспечивает прижимание реагирующей газовой смеси к рабочей поверхности горелочного камня, что способствует эффективному ее разогреву и, следовательно, дополнительному повышению средней плотности эффективного теплового потока. Кроме того, разбавление газовой смеси на начальном участке горелочного камня (прилегающем к центральной амбразуре) позволяет снизить скорость горения и, следовательно, температуру в этой зоне. Благодаря этому уменьшается содержание оксидов азота продуктов сгорания и увеличивается срок службы конструктивных элементов - диска отражателя и концевой участка выходного цилиндрического насадка.

Сущность изобретения поясняется чертежами. На фиг. 1 представлен общий вид газовой радиационной горелки (разрез Б-Б на фиг. 2), на фиг. 2 - поперечный разрез горелки (А-А фиг. 1), на фиг. 3 - вид горелочного камня со стороны задней торцевой стенки, на фиг. 4 - разрез горелочного камня и на фиг. 5 - участок цилиндрического насадка с дисковым отражателем и продольными пластинчатыми ребрами.

Газовая радиационная горелка содержит кожух 1, образованный боковыми стенками 2 и поперечной

перегородкой 3, имеющей угловые отверстия 4 для прохода вторичного воздуха, и снабженный промежуточной поперечной перегородкой 5, установленной параллельно перегородке 3 с зазором относительно последней и имеющей переточные окна для вторичного воздуха 6. В кожухе 1 установлен горелочный камень, включающий рабочую поверхность 7, боковые стенки 8 и заднюю торцевую стенку 9. В центре горелочного камня выполнена цилиндрическая сквозная амбразура 10, на поверхности которой выполнены продольные пазы 11. Выходная кромка амбразуры 10 в месте перехода в рабочую поверхность 7 горелочного камня скруглена. На боковых 8 и задней торцевой 9 стенках горелочного камня выполнены соответственно прямоугольные 12 и трапециевидные 13, сужающиеся в радиальном направлении к амбразуре 10 пазы. К перегородке 3 кожуха 1 по его центральной оси прикреплен инжектор 14, выполненный в виде трубы, расширенной по краям и суженной в средней части, снабженный на входе газовым соплом 15, установленным по центральной оси инжектора и соединенным с газоподводящим патрубком 16, на котором с возможностью продольного перемещения установлена регулирующая воздушная шайба 17. В месте соединения с перегородкой 3 кожуха горелки 1 к инжектору 14 присоединен выходной цилиндрический насадок 18, установленный соосно в центральной амбразуре 10 горелочного камня с образованием кольцевого зазора, величина которого составляет  $(0,2-0,3)dn$ , где  $dn$  - внутренний диаметр выходного цилиндрического насадка 18.

Передний торец выходного цилиндрического насадка 18 выведен за пределы центральной амбразуры 10 на расстояние  $(0,07-0,09)dn$  от рабочей поверхности 7 горелочного камня, на нем установлен отражатель 19, выполненный в виде диска, сопряженного радиусом, равным  $(0,4-0,5)dn$ , с цилиндрическим хвостовиком 20, закрепленным по центральной оси выходного цилиндрического насадка 18 при помощи пластин 21. Расстояние от переднего торца выходного цилиндрического насадка 18 до диска отражателя 19 составляет  $(0,2-0,3)dn$ . На наружной поверхности выходного цилиндрического насадка 18 радиально закреплены продольные пластинчатые ребра (6 или 8 штук) 22, заканчивающиеся на уровне рабочей поверхности 7 горелочного камня и отогнутые на концах под углом  $30-60^\circ$  к продольной оси ребер. Свободными концами продольные пластинчатые ребра 22 входят в продольные пазы 11 центральной амбразуры 10 горелочного камня, разделяя кольцевой зазор между выходным цилиндрическим насадком 18 и центральной амбразурой 10 горелочного камня на имеющие в поперечном сечении форму сегмента каналы для продуктов сгорания 23, соединенные с трапециевидными пазами 13 на задней стенке 9 горелочного камня, и каналы вторичного воздуха 24, соединенные через переточные окна 6 в перегородке 5 с камерой вторичного воздуха, образованной промежуточной перегородкой 5 и перегородкой 3 кожуха 1 горелки. Камера вторичного воздуха через угловые отверстия 4 в перегородке 3 соединена с атмосферой. Общее число каналов 23, 24 в зависимости от числа продольных пластинчатых ребер 22 составляет 6-8, половина из которых предназначена для прохода продуктов сгорания и половина - для вторичного воздуха.

Газовая радиационная горелка работает следующим образом. Подаваемый в горелку через газоподводящий патрубок 16 топливный газ давлением  $0,03-0,35$  МПа выходит из газового сопла 15 и инжектирует первичный воздух, количество которого регулируют путем перемещения регулирующей воздушной шайбы 17. Образовавшаяся в результате смешения в инжекторе 14 топливного газа и первичного воздуха газовоздушная смесь поступает в инжектор 14, а затем в выходной цилиндрический насадок 18, в котором предварительно нагревается от продуктов сгорания, проходящих по каналам 23, а затем в кольцевой зазор, образованный передним торцом выходного цилиндрического насадка 18 и отражателем 19. При этом она инжектирует вторичный воздух, поступающий по каналам 24, и продукты сгорания, поступающие по каналам 23. Образовавшаяся смесь сгорает, растекаясь по рабочей поверхности 7 горелочного камня, при этом рабочая поверхность раскаляется до температуры  $1370-1500K$  и излучает тепловую энергию в топочное пространство теплового агрегата.

Вторичный воздух засасывается за счет разрежения, создаваемого газовоздушной смесью при выходе из выходного цилиндрического насадка 18. Через угловые отверстия 4 в перегородке 3 кожуха 1 он поступает в камеру вторичного воздуха, где предварительно нагревается за счет тепла продуктов сгорания, проходящих по трапециевидным пазам 13 в задней стенке 9 горелочного камня, а затем через переточные окна вторичного воздуха 6 в перегородке 5 поступает в каналы 24. Проходя по каналам 24, воздух дополнительно нагревается от продуктов сгорания, проходящих по соседним каналам 23, и на выходе из каналов 24 смешивается с газовоздушной смесью и продуктами сгорания.

Образовавшиеся в результате сгорания на рабочей поверхности 7 горелочного камня топливного газа продукты сгорания за счет разрежения, создаваемого газовоздушной смесью при выходе из выходного цилиндрического насадка 18, проходят последовательно прямоугольные пазы 12 на боковых стенках 8 горелочного камня, трапециевидные пазы 13 на задней стенке 9, каналы 23 в кольцевом зазоре между выходным цилиндрическим насадком 18 и амбразурой 10 горелочного камня (отдавая тепло на нагрев газовоздушной смеси и вторичного воздуха), на выходе из каналов 23 смешиваются со вторичным воздухом и газовоздушной смесью. Равномерное и полное смешение всех компонентов обеспечивается за счет отогнутых под углом  $30-60^\circ$  концов продольных пластинчатых ребер 22, которые закручивают потоки. Попадая в зону реакции горения газовоздушной смеси, продукты сгорания разбавляют ее инертными компонентами, что позволяет снизить скорость реакции на начальном участке рабочей поверхности 7 горелочного камня, прилегающей к центральной амбразуре 10, и равномерно распределить реакцию горения по всей рабочей поверхности 7.

Это обеспечивает снижение температуры конструктивных элементов горелки и, следовательно, увеличение срока их службы, увеличение средней плотности эффективного теплового потока от рабочей поверхности горелочного камня горелки и снижение содержания оксидов азота в продуктах сгорания. Наличие зон разрежения прямоугольных пазов 12 на боковых стенках 8 горелочного камня обеспечивает прижимание реагирующей газовоздушной смеси к рабочей поверхности 7 и, следовательно, более интенсивный и равномерный ее разогрев, что дополнительно способствует увеличению средней плотности эффективного теплового потока.

Количество продольных пластинчатых ребер 22, разделяющих кольцевой зазор между выходным цилиндрическим насадком 18 и центральной амбразурой 10 на каналы 23 и 24, обусловлено конструктивными соображениями. Чем больше ребер и, следовательно, каналов, тем лучше смешение поступающих потоков,

однако установка свыше 8 ребер сопряжена со значительными усложнениями конструкции горелки и удорожанием ее изготовления.

Результаты сопоставительных опытов по определению оптимальных значений величины зазора между выходным цилиндрическим насадком 18 и центральной амбразурой 10, а также угла наклона кольцевых участков продольных пластинчатых ребер 22 приведены в таблице. Опыты №№ 1-5 проведены на горелке-прототипе.

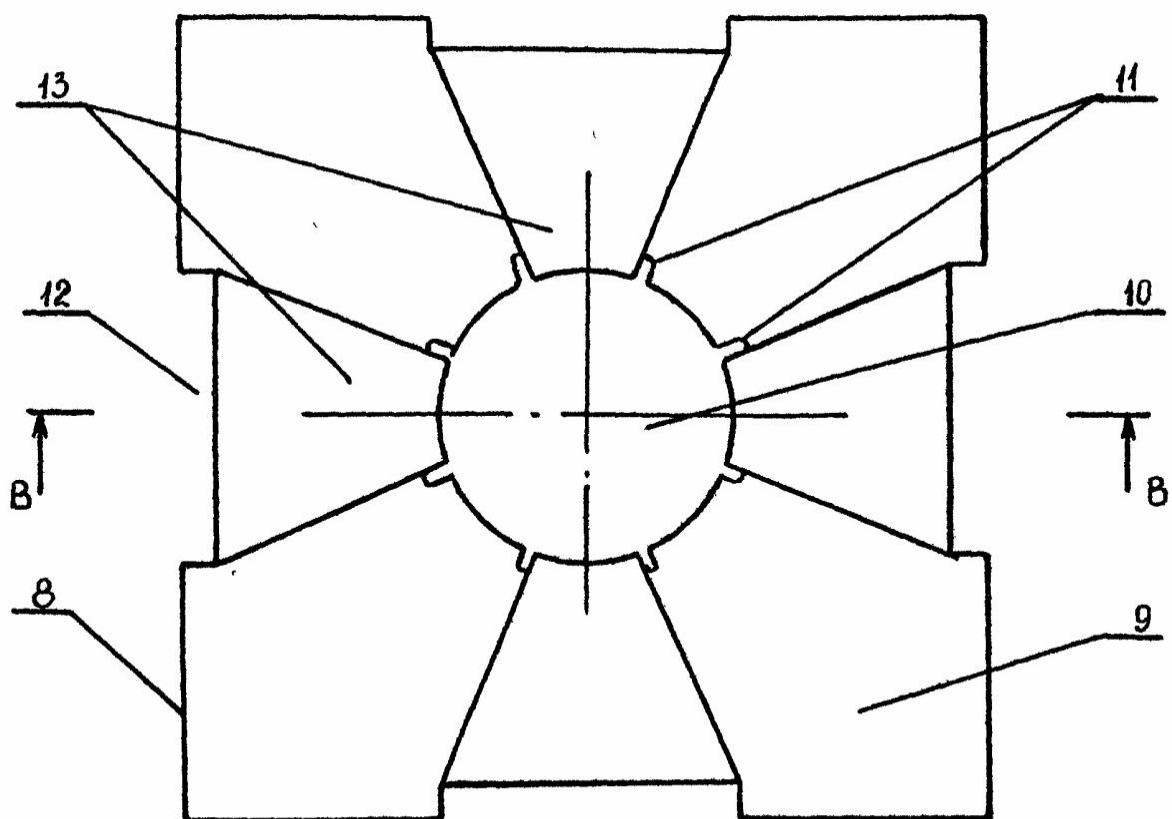
Из представленных в таблице экспериментальных данных следует, что поставленная цель достигается в опытах №№ 10-14, т.е. в том случае, если величина кольцевого зазора между выходным цилиндрическим насадком инжектора и центральной амбразурой горелочного камня составляет  $(0,2-0,3)dn$ , а угол наклона кольцевых участков продольных пластинчатых ребер -  $30-60^\circ$ .

При этом достигнуто увеличение срока службы конструктивных элементов горелки (диска отражателя и концевой участка выходного цилиндрического насадка). Это оценивалось косвенно - по относительному снижению рабочей температуры этих элементов.

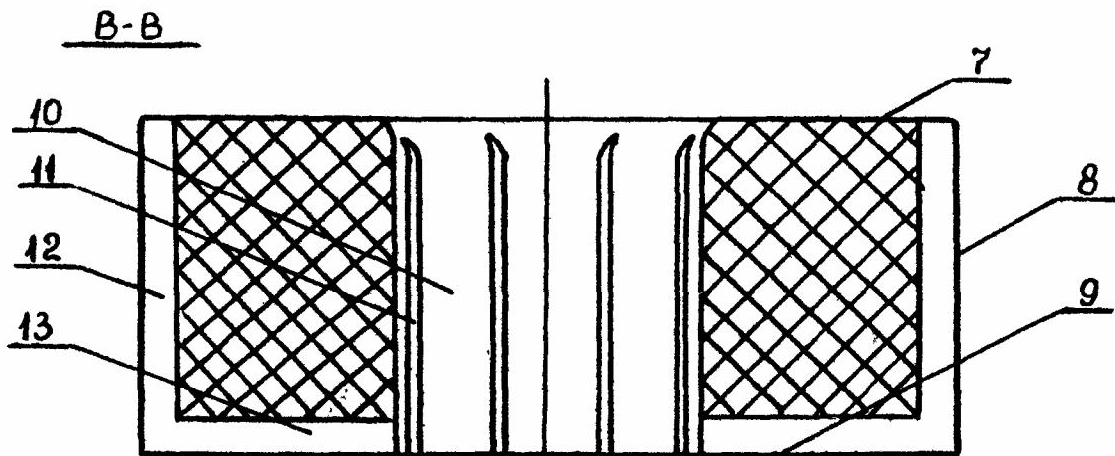
| № опыта | Расход топлив. газа*<br>м³/ч | Давление топлив. газа<br>МПа | Величина кольцевого зазора | Угол наклона концевых участков про-долж. ребер, град | Температура, К                    |                   |  | Средняя плотность эффектив. теплового потока, кВт/м² | Содержание ОХ в продуктах сгорания, мг/м³ |
|---------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|--|-----------------------------------|-------------------|--|--|---|
|         |                              |                              |                            |  | средняя ра-бочей по-верхн. кам-ня | диска отра-жателя | концевого участка вы-ходного ци-линдрич. насадка |  |   |
| 1       | 5,0                          | 0,15                         | 0,06 н                     | -  | 1260                              | 1150              | 1200   | 33,4   | 1,2                                       |
| 2       | 35,0                         | 0,15                         | 0,06 н                     | -  | 1310                              | 1170              | 1240   | 60,2   | 1,2                                       |
| 3       | 5,0                          | 0,30                         | 0,07 н                     | -  | 1300                              | 1180              | 1220   | 31,2   | 1,0                                       |
| 4       | 35,0                         | 0,30                         | 0,07 н                     | -  | 1300                              | 1170              | 1220   | 61,4   | 1,1                                       |
| 5       | 5,0                          | 0,30                         | 0,08 н                     | -  | 1280                              | 1160              | 1200   | 33,0   | 1,0                                       |
| 6       | 5,0                          | 0,15                         | 0,1 н                      | 5  | 1280                              | 1140              | 1210   | 32,1   | 1,0                                       |
| 7       | 35,0                         | 0,15                         | 0,2 н                      | 5  | 1300                              | 1140              | 1210   | 58,4   | 0,9                                       |
| 8       | 5,0                          | 0,30                         | 0,1 н                      | 20   | 1300                              | 1130              | 1280   | 34,6   | 0,8                                       |
| 9       | 35,0                         | 0,30                         | 0,2 н                      | 20   | 1360                              | 1100              | 1150   | 61,2   | 0,4                                       |
| 10      | 5,0                          | 0,15                         | 0,2 н                      | 30   | 1470                              | 1080              | 1040   | 38,8   | 0,15                                      |
| 11      | 35,0                         | 0,15                         | 0,2 н                      | 30   | 1460                              | 1060              | 1030   | 69,1   | 0,11                                      |
| 12      | 5,0                          | 0,30                         | 0,3 н                      | 30   | 1460                              | 1040              | 1040   | 40,4   | 0,10                                      |
| 13      | 35,0                         | 0,30                         | 0,3 н                      | 60   | 1490                              | 1050              | 1030   | 71,7   | 0,11                                      |
| 14      | 5,0                          | 0,15                         | 0,2 н                      | 60   | 1490                              | 1040              | 1030   | 40,0   | 0,12                                      |
| 15      | 35,0                         | 0,15                         | 0,4 н                      | 70   | 1400                              | 1120              | 1100   | 62,0   | 0,44                                      |
| 16      | 5,0                          | 0,30                         | 0,4 н                      | 80   | 1400                              | 1100              | 1110   | 34,2   | 0,48                                      |
| 17      | 35,0                         | 0,30                         | 0,5 н                      | 80   | 1380                              | 1100              | 1100   | 60,4   | 0,60                                      |

\*Природный газ,  $Q_H = 35600 \text{ Дж/нм}^3$





Фиг. 3



Фиг. 4

