

**Великодный В.А.**, канд. техн. наук, **Пикашов В.С.**, канд. техн. наук  
**Институт газа НАН Украины, Киев**  
ул. Дегтяревская, 39, 03113 Киев, Украина, e-mail: Vel\_vldr@lan.com.ua

## Система отопления вертикальной цилиндрической печи многофакельным горелочным устройством на установке гидроочистки парафина

Исследованы характеристики работы многофакельного горелочного устройства системы отопления вертикальной цилиндрической печи на установке гидроочистки парафина. Инжекционное горелочное устройство состоит из трех топливных блоков, воздушного корпуса, каналов подвода и распределения топлива. За счет особенностей конструкции горелочного устройства, выполненного в виде 12 инжекционных горелок, и применения двухстадийного сжигания газа обеспечивается низкое содержание оксидов азота и оксидов углерода в продуктах сгорания. Разработка внедрена на нефтеперерабатывающем заводе для сжигания заводского, природного, а также собственного газообразного и жидкого топлива, образующегося в процессе гидроочистки парафина. Приведены конструкция и результаты испытаний горелочного устройства, а также сравнительные параметры работы горелочных устройств до и после внедрения. *Библ.7. рис.4.*

**Ключевые слова:** горелочное устройство, мазутная форсунка, вертикальная цилиндрическая печь, оксиды азота.

Сокращение объемов переработки нефти на нефтеперерабатывающих заводах, уменьшение объемов добычи высокопарафинистых нефтей, нерациональная их переработка ставят перед нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленностью задачи по совершенствованию нефтезаводских процессов для обеспечения рациональной переработки углеводородного сырья. При этом большое значение имеет полное использование сырьевых и материальных ресурсов, побочных продуктов, утилизация отработанных нефтепродуктов, расширение ассортимента и повышение качества продукции.

Процессы выделения твердых углеводородов нефти (депарафинизация и обезмасливание нефтепродуктов) являются наиболее сложными и дорогостоящими в производстве масел, парафинов и церезинов. Они характеризуются высокими энергетическими затратами.

В связи с этим является актуальным совершенствование уже имеющихся процессов производства твердых углеводородов нефти, в частности, процесса гидроочистки парафинов. Гидроочистка парафинов в отличие от адсорбционной очистки является наиболее эффективным способом получения высокоочищенных парафинов. Обычно этот процесс проводится на отдельных установках или блоках установок гидроочистки масел, дооборудованных для переработки парафинов. Технологическая схема, мате-

риальный баланс и расходные показатели процессов гидроочистки парафинов и масел во многом близки. При очистке парафина нежелательные его компоненты: соединения, содержащие серу, азот и кислород, — под воздействием водорода превращаются в сероводород, аммиак, воду и соответствующий углеводород, в результате чего улучшаются цвет, запах, вкус и стабильность цвета [1].

Первым звеном установки гидроочистки парафина является вертикальная цилиндрическая печь, выполненная снаружи из металла, а внутри изолированная огнеупором и экранированная трубами по периметру. В трубах печи осуществляется нагрев парафина с водородом до 300–350 °С под давлением 4,0 МПа. Затем смесь парафина с водородом поступает в вертикальный газожидкостной каталитический реактор, заполненный алюмокобальтмолибденовым катализатором — второе звено установки гидроочистки парафина. Ранее авторами выполнена работа по повышению коэффициента полезного действия этого реактора [2, 3]. Продукты реакции проходят через сепаратор, где происходит разделение смеси на водородсодержащий газ с последующей его регенерацией и парафин, который после охлаждения и фильтрации, осущестляемой для удаления механических примесей, поступает в резервуары готовой продукции. При гидроочистке парафина выделяются

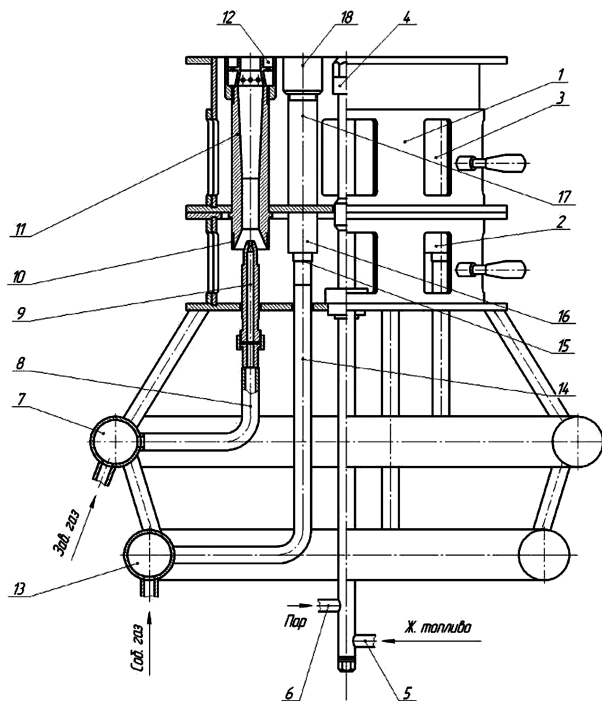


Рис.1. Продольный разрез горелочного устройства.

газообразные и жидкие смеси: насыщенные и ненасыщенные углеводороды, керосин, дизельное топливо, газойль и др.

Вертикальная цилиндрическая печь установки гидроочистки парафина Кременчугского нефтеперерабатывающего завода, согласно проекту, отапливалась горелкой ФГМ-4 (форсунка газо-мазутная). При работе на газе промежуточной технологии нефтепереработки из заводской сети или на газе, который выделяется при очистке парафина, где присутствуют, кроме углеводородов, сероводород и водород, происходит нагрев коллектора горелки ФГМ. Причина заключается в том, что скорость распространения пламени водорода в несколько раз выше скорости распространения пламени природного газа [4]. В результате разложения сероводорода на серу и водород сера оседает в коллекторе газа и на соплах, что приводит к ненадежности работы и резкому сокращению срока службы горелки. Очистка и профилактика ее требовала остановки всего процесса. Недостатки конструкции этой горелки более подробно описаны в работе [5].

Кроме того, для работы горелки ФГМ требуется специальный горелочный камень, который в данных условиях также перегревается, и от него перегревается нижняя металлическая опора, что приводит к дополнительным потерям тепла и короблению этой опоры. Это известно

авторам из опыта работы на других печах, оборудованных горелками ФГМ.

Цель данной работы — создание системы отопления вертикальной цилиндрической печи установки гидроочистки парафина, обеспечивающей ее надежную и бесперебойную работу.

Для этого было разработано многофакельное горелочное устройство [6], имеющее следующие особенности конструкции.

1. Горелочное устройство относится к классу инжекционных горелок, что дает возможность отказаться от вентилятора.

2. При основном режиме работы устройства возможно сжигание трех видов топлива: газа из заводской сети (основное топливо); газа собственного производства; жидкого топлива в качестве утилизации побочного продукта при очистке парафина.

3. Горелочное устройство состоит из трех топливных блоков, воздушного корпуса, каналов подвода и распределения топлива.

Блок сжигания заводского газа состоит из 8 одинаковых инжекционных горелок, каждая из которых может быть отключена для профилактики при работе горелочного устройства.

Блок сжигания собственного газа состоит из четырех аналогичных инжекционных горелок меньшей мощности.

Блок сжигания жидкой фракции (керосин, дизельное топливо и др.) представляет собой форсунку, которая распыливает с помощью пара жидкую фракцию с дальнейшим ее сжиганием.

4. За счет того, что горелочное устройство выполнено в виде 12 инжекционных горелок небольшого размера с двухстадийным сжигани-

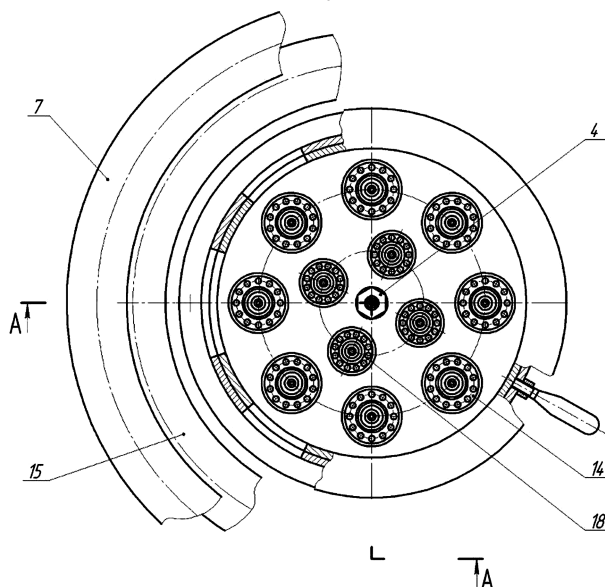


Рис.2. Горелочное устройство, вид сверху.

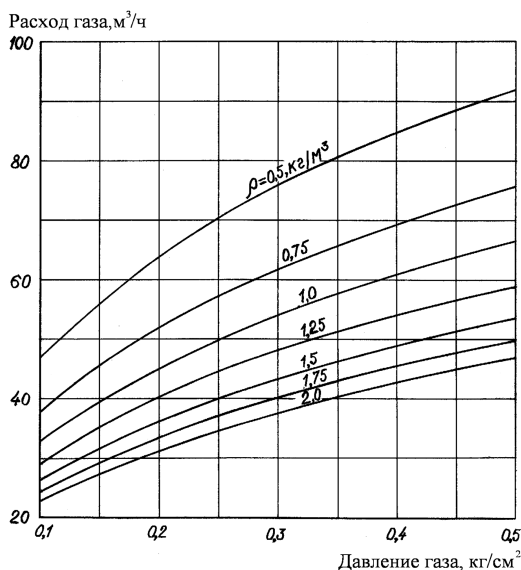


Рис.3. Расходные характеристики блока сжигания заводского газа.

ем газа, обеспечивается низкий процент оксидов азота и оксидов углерода в продуктах сгорания [7].

5. При разработке горелочного устройства были выполнены конструкторские расчеты, затем дорабатывались конструкции и размеры их деталей. Эксперименты были проведены в Институте газа НАН Украины на природном газе отдельно для каждой из двух горелок разной производительности. В качестве жидкого топлива и заводского газа использовались вода и сжатый воздух. Затем горелочное устройство проверялось на заводе в условиях заводского газа и жидкого топлива, после этого были выполнены перерасчеты с учетом вязкости топлива.

Горелочное устройство состоит из двухкамерного воздушного корпуса 1 (рис.1, 2) с нижней камерой первичного воздуха и кольцевыми шиберами 2 и с верхней камерой вторичного воздуха и кольцевыми шиберами 3. По центральной оси воздушного корпуса расположена мазутная форсунка 4 со штуцерами 5 и 6 для подачи жидкого топлива и пара соответственно. Коаксиально с мазутной форсункой находится основная кольцевая газораспределительная система для сжигания одного из видов газового топлива. Она состоит из кольцевого коллектора 7 с трубами 8 и газовыми соплами 9, к которым соосно присоединены воздушные дроссели 10, смесители 11 и стабилизаторы горения 12. Между мазутной форсункой и основной газораспределительной системой расположена дополнительная кольцевая газораспределительная система, состоящая из коллектора газа 13 с трубами 14, а также газовых сопел 15,

воздушных дросселей 16, смесителей 17 и стабилизаторов горения 18.

Горелочное устройство работает следующим образом. Газ из заводской сети поступает в кольцевой коллектор 7, из которого через трубы 8, сопла 9, воздушные дроссели 10 поступает к смесителям 11. Туда же через воздушные дроссели 10 поступает воздух из камеры первичного воздуха под действием разрежения, создаваемого энергией струи газа, а также под действием разрежения в печи. При этом кольцевые воздушные шиберы 2 находятся в полностью открытом положении. Газ и первичный воздух смешиваются на прямом участке смесителей 11. Основной поток газозвушной смеси с большой скоростью вытекает через центральное отверстие стабилизаторов горения 12 в пространство горелочного камня и печи, где происходит их сжигание.

Известно, что процесс двухстадийного сжигания отличается большей устойчивостью и более широкими пределами регулирования мощности, чем одностадийного.

Для исключения режима неустойчивого горения и возможного срыва пламени, которые могут иметь место при большой скорости газозвушной смеси, когда она выше скорости распространения пламени, и при коэффициентах избытка воздуха больше единицы, конструкцией горелочного устройства предусмотрено двухстадийное сжигание. При этом первичный воздух подается в смесители 11 в количестве меньшем, чем необходимо для полного сгорания. Вторичный воздух подается в камеру сгорания за счет разрежения в печи через полностью или частично открытые шиберы 3. Таким же образом в дополнительной газораспределительной системе сжигается газ собственного производства, которого меньше, чем заводского.

На рис.3, 4 представлены расходные характеристики блоков сжигания заводского газа и собственного. С помощью этих графиков, зная

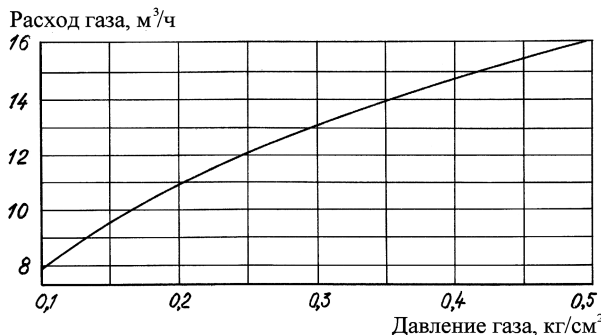


Рис.3. Расходные характеристики блока сжигания собственного газа.

состав и плотность газа, по его давлению можно определить расход газа.

Отличительной особенностью инжекционных горелок является постоянство соотношений газ – воздух в широких пределах мощностей при условии неизменного давления в окружающем пространстве и печи, а также состава и плотности газа. Поэтому при изменении этих параметров необходимо выполнить регулировку первичного и вторичного воздуха кольцевыми шиберами 2 и 3.

Сжигание жидкого топлива осуществляется форсункой 4, которая относится к классу пневматических (паровых). Через центральное сопло форсунки жидкое топливо тонкой струей поступает в топочное пространство печи, а по кольцу со значительно большей скоростью подается пар. Вследствие разности скоростей струй и турбулентных течений жидкое топливо дробится на мелкие капли, которые, попадая в зону высоких температур, испаряются и, смешиваясь с воздухом, сгорают.

Номинальная тепловая мощность горелочного устройства – 740 Мкал/ч, топливо газообразное – газы нефтепереработки, природный газ (резервное топливо), топливо жидкое – керосин, дизельное топливо и др., плотность заводского газа – 0,5–2,5 кг/м<sup>3</sup>, плотность собственного газа – 1,06 кг/м<sup>3</sup>, низшая теплота сгорания заводского газа – 5–25 Мкал/м<sup>3</sup>, низшая теплота сгорания собственного газа – 12,2 Мкал/м<sup>3</sup>, низшая теплота сгорания жидкой фракции – 10,26 Мкал/м<sup>3</sup>, номинальное давление заводского и собственного газа – 25 кПа, номинальное давление жидкого топлива – 50 кПа, давление пара – 0,3–0,6 МПа, температура пара – 180–220 °С, номинальный расход заводского газа – 90 м<sup>3</sup>/ч, номинальный расход собственного газа – 13,6 м<sup>3</sup>/ч, номинальный расход жидкого топлива – 3 кг/ч, коэффициент избытка воздуха – 1,05, пределы регулирования мощности – 116–1160 кВт, шум – 60 дБ, вредные выбросы: оксиды азота – 30–40 мг/м<sup>3</sup> (при  $\alpha = 1,0$  и NO<sub>2</sub>), оксиды углерода – 0,05 % (об.).

Внедрение и исследование горелочного устройства проводили непосредственно на вертикальной печи установки гидроочистки Кременчугского нефтеперерабатывающего завода.

Анализ составов продуктов сгорания показал, что при работе разработанного горелочного устройства по сравнению с горелкой ФГМ-4 содержание оксидов азота снизилось с 120–130 до 30–40 мг/м<sup>3</sup>. Шумовые характеристики снизились с 80–85 до 60 дБ, наружная температура кладки снизилась до 30–40 °С.

### Выводы

За счет особенностей конструкции горелочного устройства, выполненного в виде 12 инжекционных горелок, и применения двухстадийного сжигания газа обеспечивается низкое содержание оксидов азота и оксидов углерода в продуктах сгорания.

Разработанное многофакельное горелочное устройство, на основе которого создана система отопления вертикальной цилиндрической печи установки гидроочистки парафина, можно рекомендовать для реализации систем отопления печей и других тепловых агрегатов, использующих несколько видов газообразного и жидкого топлива.

### Список литературы

1. Переверзев А.Н. Производство олефинов. – М. : Химия, 1973. – 223 с.
2. Пикашов В.С., Великодний В.А., Троценко Л.Н. Повышение эффективности насадки в вертикальных каталитических газожидкостных реакторах // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2012. – № 1. – С. 64–66.
3. Пат. 65346 Укр., МПК С 106 G 45/06. Каталитичний реактор системи газ – рідина / В.С.Пікашов, В.О.Великодний, Л.М.Троценко. – Опубл. 12.12.11, Бюл. № 23.
4. Стаскевич Н.А. Справочник по газоснабжению и использованию газа. – Л. : Недра, 1990. – 762 с.
5. Пикашов В.С., Великодний В.А. Способ и горелка для стадийного сжигания газового и жидкого топлива с затянутым смешением топлива и воздуха // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2012. – № 6. – С. 63–68.
6. Пат. 87235 Укр., МПК F 23 D 11/12. Инжекційний пальник / В.О.Великодний, В.С.Пікашов, Л.М.Троценко, Т.В.Виноградова. – Опубл. 27.01.14, Бюл. № 2.
7. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. – Л. : Недра, 1988. – 312 с.

Поступила в редакцию 15.06.15

**Великодний В.О.,** канд. техн. наук, **Пікашов В.С.,** канд. техн. наук  
**Інститут газу НАН України, Київ**  
вул. Дегтярівська, 39, 03113 Київ, Україна, e-mail: Vel\_vldr@lan.com.ua

## **Система опалення вертикальної циліндричної печі багатоторчельним пальниковим пристроєм на установці гідроочищення парафіна**

Досліджено характеристики роботи багатоторчельного пальникового пристрою системи опалення вертикальної циліндричної печі на установці гідроочищення парафіну. Інжекційний пальниковий пристрій складається з трьох паливних блоків, повітряного корпусу, каналів підводу та розподілення палива. За рахунок особливостей конструкції пальникового пристрою, виконаного у вигляді 12 інжекційних пальників, та застосування двохстадійного спалювання газу забезпечується низький вміст оксидів азоту та оксидів вуглецю у продуктах згоряння. Розробку впроваджено на нафтопереробному заводі для спалювання заводського, природного, а також газоподібного та рідкого палива, яке утворюється у процесі гідроочищення парафіну. Наведено конструкцію та результати досліджень пальникового пристрою, а також порівняльні параметри роботи пальникових пристроїв до та після впровадження. *Бібл. 7, рис. 4.*

**Ключові слова:** пальниковий пристрій, мазутна форсунка, вертикальна циліндрична піч, оксиди азоту.

**Velikodny V.A.,** Candidate of Technical Sciences,  
**Pikashov V.S.,** Candidate of Technical Sciences  
**The Gas Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev**  
39, Degtyarivska St., 03113 Kiev, Ukraine, e-mail: Vel\_vldr@lan.com.ua

## **The Heating System of Vertical Cylindrical Furnace by Means of Multitorch Burner for Paraffin Hydrotreating Installation**

The heating system of vertical cylindrical furnace of the unit of paraffin hydrotreating is realized on the base of developed multitorch burner. The burner refers to injection burners and consists of fuel units, air the channels to supply and distribution of fuel and air as well as of burner stone, control system and pilot burner. Due to the burner device has the form of 12 injection burners of a small scale for two stage burning of gas, provided low percentage of nitrogen oxides and oxides of carbon in the combustion products. The development is implemented at refinery for burning of factory natural gas and own fuel oil, which are produced during paraffin hydrotreating process. Burner device, test data, as well as burner comparative parameters are presented before and after implementation. *Bibl. 7, Fig. 4.*

**Key words:** burner, fuel oil atomizer, vertical cylindrical furnace, nitrogen oxides.

**References**

1. Pereverzev A.N. [The production of olefins], Moscow : Himiya, 1973, 223 p. (Rus).
2. Pikashov V.S., Velikodny V.A., Trotsenko L.N. [Improving the efficiency of the catalyst packing in vertical gas-liquid reactors], *Jenergotehnologii i resursosberegenie [Energy Technology and Recourse Saving]*, 2012, (1), pp. 64–66. (Rus).
3. Pat. 65346 Ukr., IPC C 106 G 45/06. Catalytic the reactor system of the gas-liquid, V.S.Pikashov, L.M.Trotsenko, Publ. 12.12.11, Bul. 23. (Ukr).
4. Staskevich N.A. Reference gas supply and use of gas, Leningrad : Nedra, 1990, 762 p. (Rus).
5. Pikashov V.S., Velikodny V.A. Method and burner for burning of gaseous and liquid fuels with prolonged mixing of fuel and air, *Jenergotehnologii i resursosberegenie [Energy Technology and Recourse Saving]*, 2012, (6), pp.63–68. (Rus).
6. Pat. 87235 Ukr., IPC F 23 D 11/12. Burner of injection, V.O.Velikodny, V.S.Pikashov, L.M.Trotsenko, T.V.Vinogradova. Publ. 01.27.14, Bul. 2, (Ukr).
7. Sigal I.Ya. Protection of the air basin at fuel combustion. Leningrad : Nedra, 1988, 312 p. (Rus).

Received June 15, 2015