

Топливо и энергетика

УДК 665.591

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

Особенности использования газов нефтепереработки для отопления печей и котлов

Описан опыт использования газов нефтепереработки на основе исследований и разработок, выполненных сотрудниками Института газа НАН Украины, а также другими авторами на нефтеперерабатывающих предприятиях. В состав таких газов входят углеводороды парафинового ряда CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} и т.д., непредельные углеводороды C_2H_4 , C_3H_6 , C_4H_8 и другие, кроме того, в них содержится в значительном количестве H_2 и небольшие примеси H_2S . Показаны принципиальные недостатки конструкций газогорелочных устройств, предназначенных для работы на природном газе и на пропан-бутане, применяемых для сжигания газов нефтепереработки. Это вызвано высоким содержанием водорода в этих газах, который имеет более высокую скорость распространения пламени, и сероводорода, разлагающегося при относительно низких температурах. Рассмотрены особенности применения газов нефтепереработки, разработаны технологии их сжигания в печах и котлах, а также конструкции горелочных устройств. Рассмотрены некоторые меры безопасности при сжигании газов нефтепереработки, которые отличаются от таких при использовании природного газа. *Библ. 21, рис. 2, табл. 2.*

Ключевые слова: газы нефтепереработки, технология сжигания, горелочные устройства.

На нефтеперерабатывающих заводах в процессе переработки нефти образуются смеси горючих газов различного состава, который сильно колеблется в зависимости от месторождения и качества нефти. В целом на современных нефтеперерабатывающих заводах образуется 8–12 % горючих газов по отношению к объему перерабатываемой нефти. Газы выделяются непосредственно при перегонке нефтяного сырья и при таких дальнейших процессах переработки нефтепродуктов, как каталитические и термические [1]. Газы нефтепереработки состоят из низкомолекулярных углеводородов парафинового ряда (метан, этан, пропан, бутан и др.) и непредельных углеводородов (этилен, пропилен, бутилен, бутadiен и т.п.), которые служат сырь-

ем для получения высокоактивных компонентов моторных топлив и химических продуктов. Газы нефтепереработки имеют высокую теплотворную способность, что обусловлено содержанием в них высокомолекулярных углеводородов и отсутствием балласта в виде N_2 и CO_2 .

Кроме того, при каталитических процессах образуется водород и при первичной переработке в небольших количествах сероводород. Из общего количества газов часто выделяют пропан-бутановую смесь с различным соотношением компонентов. Эта смесь в виде сжиженного газа при давлении около 1,6 МПа транспортируется в баллонах и емкостях к бытовым и промышленным потребителям, а также используется на транспорте.

Большая часть газов сжигается непосредственно на заводах как топливо в установках перегонки нефти, пиролиза, крекинга и др. Образующиеся в процессах газы смешиваются в емкостях для усреднения состава и поступают в общезаводскую магистраль, либо непосредственно поступают в нее. В результате этого газ по длине магистрали имеет переменный состав. Конструкции горелочных устройств, предназначенных для сжигания такого газа, должны учитывать этот фактор.

При недостаточном количестве собственно газа в общезаводскую магистраль добавляют природный газ из общегородской сети или на печах и котлах дополнительно сжигают мазут.

Примерное содержание составляющих нефtezаводского газа и их характеристики приведены в табл.1. Из нее следует, что такой газ имеет отличительные характеристики от природного газа и сжиженной пропан-бутановой смеси. В основном это наличие в нем H_2 и H_2S . Водород имеет в 6–7 раз большую скорость распространения пламени, более широкие пределы воспламенения и высокую теплотворную способность в расчете на массу и требует меньше кислорода для сжигания.

Сероводород содержится в газах в незначительном количестве. Он самовоспламеняется при низкой температуре и небольшом количестве воздуха, а при температуре выше $400\text{ }^\circ\text{C}$ без доступа O_2 разлагается на H_2 и S . При неудачной конструкции горелок применительно к нефtezаводскому газу, когда часть горелки (патрубки и сопла) могут нагреваться выше $400\text{ }^\circ\text{C}$, сера откладывается на этих частях и закупоривает отверстия для выхода газа.

Согласно теории М.А.Глинкова, работу всех пламенных печей с точки зрения направленности тепловых потоков можно разделить на три режима [2]. При прямом радиационном на-

правленном теплообмене топливо непосредственно сжигают на нагреваемой поверхности. Такой режим в печах нефтепереработки применяется редко, так как возможны перегрев труб и коксование продукта, протекающего в них. Чаще всего используют равномерно распределенный радиационный теплообмен, когда топливо сжигают в объеме и при этом пламя и продукты сгорания, содержащие H_2O и CO_2 , относительно равномерно излучают тепло на нагреваемую поверхность. В некоторых конструкциях печей применяют косвенный направленный радиационный теплообмен. При этом с помощью так называемых плоскопламенных горелок, устанавливаемых в футеровке, она разогревается и излучает тепло в сплошном спектре на трубы, расположенные напротив. Эти режимы правильнее назвать конвективно-радиационные, так как, согласно позже проведенным экспериментам, при горении на поверхности резко возрастает теплоотдача конвекцией [3].

Печи, работающие в режиме равномерно распределенного теплообмена, чаще всего оснащают двухпроводными (дутьевыми) горелками, которые используют заводской газ, или двухтопливными — газ и мазут. Это трубчатые печи прямой перегонки нефти (шагровые, вертикальные), риформинга, пиролиза и др., а также заводские котельные установки. Такие горелки непосредственно перенесены на печи нефтепереработки или их конструкции заимствованы из конструкций горелок, работающих на природном газе. Они успешно работают на природном газе на котлах, промышленных печах в металлургии, машиностроении, производстве стройматериалов. Ввиду низкой скорости распространения пламени метана, из которого в основном состоит природный газ, в горелках для устойчивости сжигания используются приемы предварительного смешения газа с воздухом, а

Таблица 1. Характеристики составляющих нефtezаводского газа

Состав газа, %	Количество, %	Плотность, кг/м ³	Нижшая теплотворная способность, МДж/нм ³	Жаропродуцительность, °С	Температура воспламенения, °С	Пределы воспламенения с воздухом, %	Скорость распространения пламени, м/с
H_2	25,5	0,0899	10,72	2210	530–590	4,00–74,2	4,83
CH_4	19,21	0,717	35,8	2065	645–800	5–15,0	0,67
C_2H_4	7,67	1,26	59,1	2343	510–543	2,75–28,6	1,6
C_2H_6	9,21	1,34	63,8	2115	530–594	3,22–12,45	0,85
C_3H_8	21,9	2,0	91,3	2115	530–588	2,37–9,5	0,82
C_3H_6	8,7	1,91	86,1	2254	–*	2,00–11,10	0,44
C_4H_{10}	3,94	2,7	118,7	2139	490–569	1,86–8,41	0,82
C_4H_8	2,77	2,14	113,6	2210	–*	–*	0,43
H_2S	1,6	1,54	23,7	1900	290–487	4,5–45	40**

* — Отсутствуют данные. ** — Самовоспламеняемость при $220\text{--}235\text{ }^\circ\text{C}$ и наличии воздуха.

также смешения его вблизи или внутри амбразуры горелки. Такие приемы позволяют создать горелки с широким диапазоном регулирования мощности [4].

В случае сжигания газа с большим содержанием водорода зона горения перемещается в амбразуру и металлический корпус горелки. При этом перегреваются горелка, кладка, обшивка печи или котла, увеличиваются потери в окружающую среду. Ввиду изложенного горелка и обшивка агрегата часто выходят из строя. Кроме того, на патрубках и соплах осажается сера. Такое явление отмечено на котлах заводской ТЭЦ. Горелка была реконструирована для того, чтобы выход газа переместить внутрь топki.

Схема горелки до и после реконструкции представлена на рис.1. Горелка состоит из цилиндрического корпуса 1, к которому тангенциально присоединен воздушный патрубок прямоугольного сечения 2 с регулятором крутки воздуха в виде прямоугольной заслонки 3. Вокруг корпуса расположен газовый коллектор 4 с патрубком для подвода газа 5 и регулирующие-запорным клапаном 6. Внутри соосно с корпусом устанавливают механическую мазутную форсунку 7. Горелку присоединяют к обшивке котла 8 соосно с огнеупорной амбразурой 9.

После реконструкции горелки подвод газа на коллектор 4 был перекрыт, а внутри корпуса соосно установлено сопловое устройство в виде трубы 10 для подачи газа. С тыльной стороны трубы прикреплена плоская заглушка. К сопловому устройству подключены газовый патрубок 11 с регулирующим краном 12. С противоположной стороны трубы 10 установлена коническая заглушка 13 с двенадцатью соплами, направленными под углом 60° к оси. Конусная заглушка вдвинута внутрь топki на 100–200 мм от поверхности футеровки. Труба форсунки

удлинена, проходит вдоль оси трубы 10, выступая за ее пределы на 10–20 мм. Горелки до и после реконструкции расположены на боковых стенах одна напротив другой. В результате таких мероприятий срок службы горелки возрос до 5–10 лет по сравнению с частыми ремонтами исходных горелок через 3–6 мес.

Вертикальные трубчатые печи в системе каталитического расщепления бензина с целью повышения октанового числа так же, как и котлы, работают в режиме равномерно распределенного теплообмена. Чаще всего они сжигают газ с большим содержанием водорода. Как следствие, продукты сгорания имеют низкую степень черноты из-за преобладающего содержания H_2O . Для повышения степени черноты объемного излучения, то есть увеличения доли CO_2 , в них обычно дополнительно сжигают мазут на нижних рядах горелок, который распыливают паром давлением 0,8 МПа.

Разработана новая технология, где в качестве распылителя вместо пара применен водород, который генерируется этой же установкой под давлением 2–4 МПа и редуцируется для использования на форсунке до давления 0,8–1,0 МПа [5, 6]. Отсутствие пара как балласта ускоряет горение частиц мазута, при этом интенсифицируется теплообмен в районе нижнего ряда горелок. В результате уменьшилась температура на перевале (переход потока продуктов сгорания из радиационной части печи в конвективную) на 150–200 $^\circ C$, увеличился срок службы огнеупоров, особенно в районе подвесного свода, сэкономлены ресурсы на производство пара. Газовая часть горелки была реконструирована аналогично конструкции, изображенной на рис.1.

На производстве возникла необходимость увеличить производительность шатровой печи на 50–70 %. Газо-мазутные горелки типа ФГМ, установленные на этих печах, не позволяли поднять их мощность, так как при увеличении расхода топлива увеличивается длина пламени и перегреваются противоположно расположенные трубы. С этой целью была разработана горелка с вынесенным смешением топлива (газа и мазута) с воздухом внутрь печи [7, 8]. В такой горелке струи газа и струи распыленного мазута вытекают через сопловую головку под углом 45° , оси которых равномерно распределены относительно оси горелки. Через эту же головку под углом 60° к оси вытекают струи воздуха, направленные на струи топлива. В объеме печи происходит постепенное смешение топлива и воздуха, а также к ним частично подмешиваются продукты сгорания. По мере их смешения

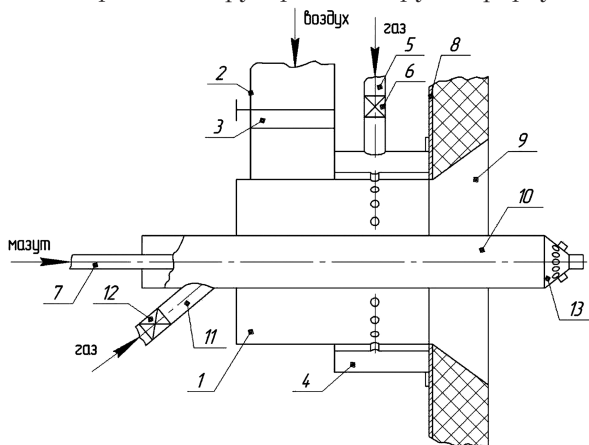


Рис.1. Газовая горелка (основная и модернизированная).

топливо постепенно сгорает. С помощью такой технологии сжигания удалось достичь требуемой производительности печи, уменьшился на порядок шум (табл.2), исключены нагрев корпуса горелки и загрязнение ее серой.

Таблица 2. Сравнительные характеристики горелочных устройств

Характеристики	Тип горелки	
	ФГМ	многофакельная
α	1,2	1,07
CO ₂ , %	8,1	9,4
O ₂ , %	3,5	2,3
CO, %	0,25	0,25
SO ₃ , %	0,3	0,35
NO _x , мг/м ³ (при $\alpha = 1$)	124	28
Шум, дБ	80	35

В дымовых газах среди вредных выбросов в порядке опасности занимают CO, SO₂ и NO_x (NO + NO₂). Согласно опытам и рекомендациям И.Я.Сигала, методами снижения NO_x являются затягивание процесса горения, стадийное сжигание, подмешивание дымовых газов в зону горения, наличие паров воды [8, 9]. Последним можно объяснить то, что при горении чистого водорода, несмотря на то, что температура его пламени выше, чем у метана, количество NO_x ниже. В рассмотренной горелке использованы все приведенные выше рекомендации.

К особенностям сжигания нефтяного газа относится применение его для термической утилизации фенольной воды. На вертикальной печи одного из заводов, построенной зарубежной фирмой, из-за распыла воды с помощью пара, а также из-за несовершенства конструкции сопловых головок подачи газа в зону горения не удалось создать устойчивое пламя нефтяного газа. Существующая технология предусматривала распыл воды и дизельного топлива паром 0,8 МПа. Благодаря замене распыла воды механической форсункой при давлении воды 0,4 МПа (рис.2), а также сопловым головкам со стабилизатором горения, расположенным по кольцу вокруг форсунки, отказались от использования 200 кг/ч дизельного топлива и 300 кг/ч пара [10, 11].

Аналогичный случай был при использовании сжатого воздуха давлением 0,4 МПа для распыла воды на другом предприятии.

В режиме косвенного направленного теплообмена работают печи производства этилена, пропилена, технических масел и др. Печи представляют собой 2–4-рядный пучок вертикальных труб, по которым протекают бензин, маслосодержащие или другие нефтепродукты. Пе-

чи имеют высоту от 5 до 20 м и ширину от 6 до 15 м. С двух сторон на расстоянии 2–3 м от труб находятся боковые огнеупорные стены соответствующих размеров [12]. На стенах равномерно по высоте и ширине расположены излучающие горелки. С торцов печи закрыты огнеупорными панелями.

Ввиду больших размеров излучающих стен печей, большого количества горелок и сложности развода трубопроводов воздуха в таких печах обычно используют инжекционные горелки. Исходя из условий теплообмена, нецелесообразно дополнительное сжигание мазута или другого жидкого топлива. Чем прозрачнее объем газов между футеровкой и трубами, тем интенсивнее падающий тепловой поток на трубы.

Применение панельных горелок ГБШ [13] в виде множества трубок или щелей в огнеупорах, где сгорает газо-воздушная смесь, показало, что они работают неустойчиво. Они имеют узкие пределы регулирования мощности, наблюдаются проскоки пламени в камеру смешения. Тем не менее, эти горелки прошли государственные испытания и успешно работают на природном газе или на пропан-бутановой смеси.

Разработанные в Институте газа НАН Украины инжекционные горелки с рассекателем и двойным подсосом воздуха устраняют перечисленные недостатки [14]. В этих горелках часть воздуха, инжектируемого газом, поступает в печь через инжектор, а остальная часть воздуха вследствие разрежения в печи проходит через кольцевую щель вокруг инжектора в огнеупоре. Потoki ударяются о рассекатель и

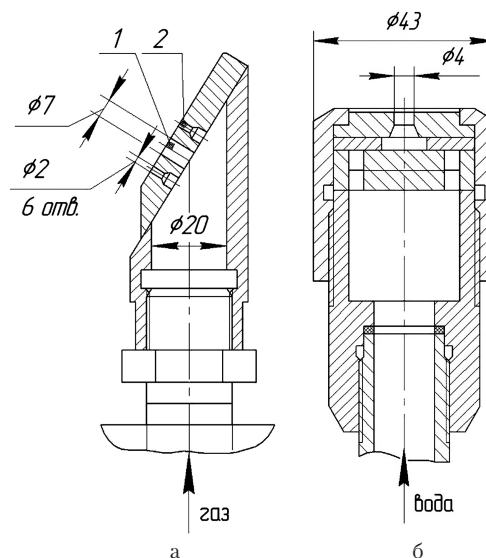


Рис.2. Газовая головка механической форсунки (а) и форсунки (б): 1 – основное сопло; 2 – стабилизаторы.

стелются по огнеупорной стенке. Это позволило устранить проскоки, увеличить пределы регулирования мощности, а также за счет растянутого горения снизить образования NO_x . Аналогичные горелки, принцип которых заимствован другими фирмами, в различных вариациях широко распространены в промышленности.

Дальнейшим развитием такой конструкции является горелка с подсосом в зону горения продуктов сгорания из печи, позволяющая дополнительно снизить количество NO_x [15].

Испытана горелка с кольцевым инжектором, отличающаяся тем, что смешение происходит непосредственно у рассекателя [16–18]. Газ под давлением 0,5 МПа поступает на рассекатель, находящийся в печи, и подсасывает воздух. Полное смешение газа с воздухом происходит на расстоянии от рассекателя 30–50 мм, где начинается горение. Рассекатель и кладка относительно холодные ($t = 350\text{--}550\text{ }^\circ\text{C}$), далее от горелки кладка раскаленная. Такая конструкция позволяет увеличить срок службы рассекателя, поскольку он охлаждается воздухом и не вступившим в реакцию газом. Горелка отличается простой конструкцией и не требует горелочного камня.

За последнее время разработана плоскопламенная дутьевая горелка, которая также не требует специального горелочного камня и может использоваться совместно с компактными регенераторами [19].

Ранее считалось, что конвекция составляет незначительную долю в теплообмене в высокотемпературных печах и ею при его расчетах можно пренебречь, а подавляющая часть теплообмена приходится на излучение. Кроме того, принималось, что степень черноты кладки не влияет на результирующий теплообмен в печах. Позже экспериментальными и теоретическими работами было показано, что при косвенном направленном теплообмене конвективная составляющая играет существенную роль в сложном теплообмене в печи: чем больше скорость газа у поверхности огнеупора и непосредственное горение на его поверхности, тем сильнее разогревается кладка и интенсивнее излучает на поверхность труб [20, 21]. Также экспериментально доказано на излучающей горелке с рассекателем, что чем выше степень черноты кладки и больше ее мощность, тем интенсивнее излучение от нее. При этом сравнивалось излучение от исходной поверхности из шамота и покрытой специальным составом. Такое покрытие позволяет повысить степень черноты большинства огнеупоров от 0,3–0,4 (шамот, диоксид кремния, высокоглиноземистые материалы) до 0,8–0,9. Применение покрытий на многих печах нефтеперерабаты-

вающих заводов, особенно работающих в режиме косвенного направленного теплообмена, в частности, в печах производства этилена, позволило сэкономить до 15–30 % топлива.

Исходя из собственного опыта и известных фактов, следует отметить необходимость соблюдения техники безопасности при использовании газов нефтепереработки. Наличие в них водорода увеличивает пределы воспламенения. Кроме того, многие из газов имеют плотность значительно выше плотности воздуха. Поэтому в случае их утечки они распространяются в нижней части объема или вдоль земли, могут заполнять ложбины или приямки. Известны несчастные случаи при горении газа на поверхности земли в приямках. Особенно памятен случай, когда из-за утечки пропан-бутана из газопровода недалеко от Уфы от взрыва разрушились два поезда. Сероводород является сильно ядовитым газом и относится ко второму классу опасности, его ПДК составляет 6 мг/м³, поэтому утечки нефтезаводского газа и его составляющих недопустимы.

Выводы

Выполнен анализ свойств горючих газов нефтеперерабатывающих заводов с точки зрения их сжигания в печах и котлах. Отличием их от природного газа или пропан-бутановой смеси, на которых успешно работают известные горелочные устройства, является наличие водорода и сероводорода, имеющих большую скорость распространения пламени. На основе собственного опыта показано, что использование известных технологий и конструкций горелочных устройств при сжигании газов нефтепереработки имеет такие недостатки: узкие пределы регулирования мощности, проскоки пламени, перегрев корпуса и обшивки печи, осаждение серы на патрубках и соплах.

Рассмотрены режимы тепловой работы большинства печей нефтеперерабатывающих заводов согласно классификации М.А.Глинкова: равномерно распределенный радиационный теплообмен и косвенный направленный конвективно-радиационный теплообмен. Предложены технологии сжигания и принципы конструирования горелочных устройств для сжигания газов нефтепереработки. В режиме равномерно распределенного теплообмена работают печи шатровые, риформинга, вертикальные и другие, а также котлы заводских ТЭЦ. В них обычно устанавливаются газомазутные горелочные устройства. Разработаны горелки, использующие газы нефтепереработки для котлов, шатровых печей, печей риформинга.

Предложено распыливать мазут вместо пара водородом давлением 0,8 МПа, что показало значительную эффективность: экономию топлива, повышение ресурса горелок и печей.

Разработано устройство для термической утилизации фенольной воды, в котором испарение воды и нагрев смеси до 1000–1200 °С осуществлялось заводским газом, что позволило сэкономить 200 кг дизельного топлива и 300 кг/ч пара давлением 0,8 МПа.

В режиме косвенного конвективно-радиационного направленного теплообмена работают печи производства этилена, пропилена, технических масел и другие. Эти печи оснащаются в большинстве случаев инжекционными горелочными устройствами. Устанавливаемые ранее панельные горелочные устройства не давали возможности надежно работать в широких пределах регулирования из-за проскоков пламени в камеру смешения. Плоскопламенное горелочное устройство с рассекателем и двойным подсосом воздуха позволило устранить эти недостатки и снизить образование оксидов азота. Испытаны различные варианты плоскопламенных горелок с рассекателем. Показано, что при косвенном конвективно-радиационном теплообмене значительную роль играет конвекция к футеровке и затем ее излучение на теплообменные поверхности. Доказано теоретически и экспериментально, что существенную роль в радиационном потоке играет степень черноты футеровки. В связи с этим разработаны технология и покрытие, повышающие степень черноты футеровки. Применение покрытия на печах позволило сэкономить 15–30 % топлива.

Список литературы

- Агабеков В.Е., Косяков В.К. Нефть и газ. Технологии и продукты переработки. — Минск : Белорус. наука, 2011. — 459 с.
- Глинков М.А. Основы общей теории печей. — М. : Металлургиздат, 1962. — 576 с.
- Пикашов В.С., Петишкин С.А., Еринов А.Е. Экспериментальные исследования трех режимов сложного теплообмена в пламенной печи // Процессы направленного теплообмена. — Киев : Наукова думка, 1979. — С. 142–145.
- Иванов Ю.В. Основы расчета и проектирования газовых горелок. — М.: Гостоптехиздат, 1963. — 360 с.
- Пат. 2013690 РФ, МКИ⁵ С 15 F 23 C 1/08. Способ совместного сжигания жидкого и газообразного топлива / В.С.Пикашов, В.А.Великодный, В.М.Дмитриев и др. — Оpubл. 30.05.94, Бюл. № 10.
- Пат. 871 Укр., МКИ⁵ UA 871 C1 F 23 C 1/08. Спосіб сумісного спалювання рідкого та газоподібного палива / В.С.Пикашов, В.О.Великодний, В.М.Дмитрієв та ін. — Оpubл. 15.01.93, Бюл. № 2.
- Пат. 49701 Укр., МПК (2009) F 23 D 17/00. Дуттвовий пальник для спалювання газового та рідкого палива / В.С.Пикашов, В.О.Великодний. — Оpubл. 11.05.2010, Бюл. № 9.
- Великодний В.А., Пикашов В.С. Стадийное сжигание газового и жидкого топлива в трубчатых печах нефтеперерабатывающих производств // Промышленная теплотехника. — 2014. — № 2. — С. 29–38.
- Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. — Л. : Недра, 1988. — 312 с.
- Великодний В.А., Пикашов В.С. Технология утилизации фенольной воды // Энерготехнологии и ресурсосбережение. — 2010. — № 2. — С. 67–69.
- Пат. 94113 Укр., МПК (2014) F 23 D 11/12. Пальник / В.О.Великодний, В.С.Пикашов, Л.М.Троценко та ін. — Оpubл. 27.10.14, Бюл. № 20.
- Гориславец С.П., Невский А.С., Пикашов В.С. К методике расчета косвенного направленного радиационного теплообмена в печах с чашеобразными горелками // Процессы направленного теплообмена. — Киев : Наукова думка, 1979. — С. 69–79.
- Стаскевич Н.А., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. — Л. : Недра, 1991. — 762 с.
- А.с. 954709 СССР, МКИ³, F 23 D 13/12. Радиационная горелка / С.П.Гориславец, П.Н.Тимошенко, К.Е.Махорин и др. — Оpubл. 30.08.82, Бюл. № 32.
- Пат. 536 Укр., МКИ UA 536 C1 F 23 D 14/12. Газовий радіаційний пальник / В.М.Дмитрієв, В.С.Пикашов, В.О.Великодний та ін. — Оpubл. 15.12.93, Бюл. № 2.
- Пат. 46627 Укр., МПК (2009) F 23 D 14/02. Инжекційний плоскополум'яний дифузійний пальник / В.С.Пикашов, В.О.Великодний, В.М.Дмитрієв, Л.М.Троценко. — Оpubл. 25.12.2009, Бюл. № 24.
- Пикашов В.С., Великодний В.А., Осиевский В.А. Экспериментальное исследование кольцевого инжектора применительно к горелке с плоским пламенем // Энерготехнологии и ресурсосбережение. — 2010. — № 5. — С. 76–80.
- Пикашов В.С., Великодний В.А., Осиевский В.А. Сжигание газа на огневом стенде инжекционной горелкой // Энерготехнологии и ресурсосбережение. — 2011. — № 1. — С. 74–77.
- Пат. 113136 Укр., МПК (2017) F 23 D 14/02. Плоскополуменевий дуттвовий пальник / В.С.Пикашов, В.О.Великодний, В.В.Алексеев та ін. — Оpubл. 10.01.2017, Бюл. № 1.
- Пикашов В.С., Еринов А.Е., Великодний В.А. и др. Влияние степени черноты огнеупоров на эффективность излучения радиационных горелок // Хим. технология. — 1982. — № 1. — С. 32–35.
- Великодний В.А., Пикашов В.С. Влияние радиационных характеристик поверхностей на теплообмен // Энерготехнологии и ресурсосбережение. — 2014. — № 1. — С. 63–69.

Поступила в редакцию 01.06.17

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

Особливості використання газів нафтопереробки для опалення печей та котлів

Описано досвід використання горючих газів на основі досліджень та розробок, виконаних співробітниками Інституту газу НАН України, а також іншими авторами на нафтопереробних підприємствах. До складу таких газів належать вуглеводні парафінового ряду CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} і т.п., ненасичені вуглеводні C_2H_4 , C_3H_6 , C_4H_8 та інші, крім того, у них міститься в значних кількостях H_2 та невеликі домішки H_2S . Показано принципові недоліки конструкцій пальникових пристроїв, призначених для роботи на природному газі та на пропан-бутані, що використовуються для спалювання газів нафтопереробки. Це зумовлено високим вмістом водню у цих газах, який має більш високу швидкість розповсюдження полум'я, та сірководня, що розкладається при відносно низьких температурах. Розглянуто особливості застосування газів нафтопереробки, розроблено технології їх спалювання у печах та котлах, а також конструкції пальникових пристроїв. Розглянуто деякі засоби безпеки при спалюванні газів нафтопереробки, які відрізняються від таких при використанні природного газу. *Бібл. 21, рис. 2, табл. 2.*

Ключові слова: гази нафтопереробки, технологія спалювання, пальникові пристрої.

Pikashov V.S., Candidate of Technical Sciences,
Velikodny V.A., Candidate of Technical Sciences
The Gas Institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev
39, Degtyarivska Str., 03113 Kiev, Ukraine, e-mail: vel_vldr@lan.com.ua

Features of the Use of Refinery Gases for Heating Furnaces and Boilers

Described experience of using refinery gases based on the research and development done by members of the Gas Institute of NAS of Ukraine, as well as other authors at oil refineries. The composition of such gases includes hydrocarbons of the paraffin series CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , etc., the unsaturated hydrocarbons C_2H_4 , C_3H_6 , C_4H_8 and others, in addition they contain a considerable amount of H_2 and of small quantities of H_2S . Shows the fundamental shortcomings of the designs of gas-burning devices intended for operation on natural gas and propane-butane mixture, used for combustion of refinery gases. This is caused by the high content of hydrogen in these gases, which has higher speed of flame propagation, and hydrogen sulfide, decomposing at relatively low temperatures. Are considered peculiarities of application of refining gases, the developed technology of combustion in furnaces and boilers, as well as the design of burners. Also are considered some safety measures when burning gases of oil refining, which differ from these when using natural gas. *Bibl. 21, Fig. 2, Tab. 2.*

Key words: refinery gases, combustion technology, burners.

References

1. Agabekov V.E., Kosyakov V.K. *Neft i Gas. Tekhnologii i produkty pererabotki* [Oil and Gas. Technologies and products of processing], Minsk : Belorusskaya Nauka, 2011, 459 p. (Rus).
2. Glinkov M.A. *Osnovy obshchey teorii pechey* [Basics of the general theory of furnaces], Moscow : Metallurgizdat, 1962, 576 p. (Rus).
3. Pikashov V.S., Petishkin S.A., Erinov A.E. *Eksperimental'nyye issledovaniya trekh rezhimov slozhnogo teploobmena v plamennoy pechi* [Experi-

- mental studies of three modes of complex heat exchange in a flame furnaces]. In: [Processes of directional heat exchange], Kiev : Naukova Dumka, 1979, p.142–145. (Rus).
4. Ivanov Yu.V. Osnovy rascheta i proyektirovaniya gazovikh gorelok [Basics of calculating and designing gas burners], Moscow : Gostoptekhizdat, 1963, 360 p. (Rus).
 5. Pat. 2013690 RF, MKI C 15 F 23 C 1/08. Sposob sovместnogo szhiganiya zhidkogo i gazoobraznogo topliva [A method for co-incineration of liquid and gaseous fuels], V.S.Pikashov, V.A.Velikodny, V.M.Dmitriev, N.I.Sulgik, V.V.Trocenko, K.P.Kuzmenkov, R.A.Chekhovskiy, P.N.Timoschenko. Publ. 30.05.94, Bul. 1 (Rus).
 6. Pat. 871 Ukr., MKI UA871 C1 F 23 C 1/08. Sposib sumisnogo spaluvaniya ridkogo ta gasopodibnogo paliva [Co-firing method of liquid and gaseous fuels], V.S.Pikashov, V.O.Velikodny, V.M. Dmytriev, N.I. Sulgik, V.V.Trocenko, K.P.Kuzmenkov, R.A.Chekhovskiy, P.N.Timoschenko. Publ. 15.01.93, Bul.2. (Ukr).
 7. Pat. 49701 Ukr., MPK (2009) F 23 D 17/00. Dutt'oviy pal'nik dlya spaluyvannya gazovogo ta rıdkogo paliva [Blowing torch for burning of liquid and gaseous fuel], V.S.Pikashov, V.O. Velikodny. Pub. 11.05.2010, Bul. № 9. (Ukr).
 8. Velikodny V.A., Pikashov V.S. Stadiynoye szhiganiye gazovogo i zhidkogo topliva v trubchatikh pechakh neftepererabytvayushchikh proizvodstv [Stage combustion of gas and liquid fuels in tube furnaces of oil refineries], *Promyshlennaya teplotekhnika [Industrial Heat Engineering]*, 2014, (2), pp. 29–38. (Rus).
 9. Sigal I.Ya. Zashchita vozdušnogo basseyna pri szhiganii topliva [Air protection at fuel combustion], Leningrad : Nedra, 1988, 312 p. (Rus).
 10. Velikodny V.A., Pikashov V.S. Tekhnologiya utilizatsii fenol'noy vody [The technology of utilization of phenolic water], *Energotehnologii i resursosberezhenie [Energy Technology and Resource Saving]*, 2010, (2), pp. 67–69. (Rus).
 11. Pat. 94113 Ukr., MPK (2014) F 23 D 11/12, Pal'nik [Burner], V.O.Velikodny, V.S.Pikashov, L.M.Trotsenko, T.V.Vinogradova, S.V.Pravilo. Pub. 10.27.2014, Bul. 20. (Ukr).
 12. Gorislavets S.P., Nevsky A.S., Pikashov V.S. K metodike rascheta kosvennogo napravlennogo radiatsionnogo teploobmena v pechakh s chasheobraznymi gorelkami [To the calculation procedure indirect directional radiative heat exchange in furnaces with a cup-shaped burners]. In: [Processes of directional heat exchange], Kiev : Naukova Dumka, 1979, pp. 69–79. (Rus).
 13. Staskevich N.A., Severinets G.N., Vigdorichik D.Ya. Spravochnik po gazosnabzheniyu i ispol'zovaniyu gaza [Handbook of gas supply and use of gas], Leningrad : Nedra, 1991, 762 p. (Rus).
 14. A.s. 954709 SU, MKI³, F 23 D 13/12. Radiatsionnaya gorelka [Radiation burner], S.P.Gorislavets, P.N.Timoshchenko, K.Ye. Makhorin, Yu.I.Gogluvaty. Pub. 30.08.82, Bul. 32. (Ukr).
 15. Pat. 536 Ukr., MKI UA536 C1 F 23 D 14/12. Gazoviy radiatsiyuniy pal'nik [Gas radial burner], V.M.Dmitryev, V.S.Pikashov, V.O.Velikodny, R.A.Chekhovskiy, K.P.Kuzmenkov, P.N.Timoschenko, V.V.Veselov. Pub. 15.12.93, Bul. 2. (Ukr).
 16. Pat. 46627 Ukr., MPK (2009) F 23 D 14/02. Inzhektsiyuniy ploskopolum'yaniy difuziyuniy pal'nik [Injection flat flame burner], V.S.Pikashov, V.O. Velikodny, V.M.Dmitryev, L.M.Trotsenko, Pub. 25.12.2009, Bul. 24. (Ukr).
 17. Pikashov V.S., Velikodny V.A., Osievskiy V.A. Eksperimental'noye issledovaniye kol'tsevogo inzhektora primenitel'no k gorelke s ploskim plamenem [Experimental investigation of the ring injector with reference to a flat flame burner], *Energotehnologii i resursosberezhenie [Energy Technology and Resource Saving]*, 2010, (5), pp.76–80. (Rus).
 18. Pikashov V.S., Velikodny V.A., Osievskiy V.A. Szhiganiye gaza na ognevom stende inzhektionnoy gorelkoy [Combustion of gas at the fire stand with an injection burner], *Energotehnologii i resursosberezhenie [Energy Technology and Resource Saving]*, 2011, (1), pp.74–77. (Rus).
 19. Pat 113136 Ukr., MPK (2017) F 23 D 14/02. Ploskopolumeneviy dutt'oviy pal'nik [Flat flame blast burner], V.S.Pikashov, V.O.Velikodny, V.V.Alekseenko, A.B.Sezenenko, L.M.Trotsenko, A.A.Vasechko, T.V.Vinogradova. Publ. 10.01.2017, Bul. 1. (Ukr).
 20. Pikashov V.S., Yerinov A.Ye., Velikodny V.A., Gorislavets S.P., Timoshchenko P.N. Vliyaniye stepeni chernoty ogneuporov na effektivnost' izlucheniya radiatsionnykh gorelok (The influence of the degree of blackness of refractories on the radiation efficiency of radiation burners), *Khimicheskaya tekhnologiya*, 1982 (1), pp. 32–35. (Rus).
 21. Velikodny V.A., Pikashov V.S. Vliyaniye radiatsionnykh kharakteristik poverkhnostey na teploobmen [Influence of radiation characteristics of surfaces on the heat transfer], *Energotehnologii i resursosberezhenie [Energy Technology and Resource Saving]*, 2014 (1), pp. 63–69. (Rus).

Received June, 1, 2017