

Пикашов В.С., Великодний В.А.

Институт газа НАН Украины, Киев

Способ и горелка для стадийного сжигания газового и жидкого топлива с затянутым смешением топлива и воздуха

Разработаны способ и горелка для стадийного сжигания газов и жидкого топлива с затянутым смешением топлива и воздуха. Приведена конструкция горелки, реализующая этот способ сжигания. Разработка внедрена на двух нефтеперерабатывающих заводах для увеличения тепловой мощности печей первичной переработки нефти и экономии топлива. В промышленных условиях проведены усредненные на протяжении одного месяца измерения параметров работы горелок до и после внедрения.

Ключевые слова: топливный газ, трубчатые печи, горелка, равномерно распределенный радиационный теплообмен, выбросы оксидов азота.

Розроблено спосіб та пальник для стадійного спалювання газів та рідкого палива з затягнутим змішуванням палива та повітря. Приведено конструкцію пальника, що реалізує цей спосіб спалювання. Розробку впроваджено на двох нафтопереробних заводах для збільшення теплової потужності печей первинної переробки нафти та економії палива. У промислових умовах проведено усереднені на протязі одного місяця вимірювання параметрів роботи пальників до та після впровадження.

Ключові слова: паливний газ, трубчасті печі, пальник, рівномірно розподілений радіаційний теплообмін, викиди оксидів азоту.

Применяемые способы и горелочные устройства для сжигания газового и жидкого топлива в топках и печах, предназначенных для нагрева жидких продуктов в трубчатых печах нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической и других отраслях промышленности морально устарели и имеют существенные недостатки. Они не обеспечивают требуемого распределения по объему топки теплогенерации, температур и тепловых потоков, выбросы оксидов азота при сжигании топлива не соответствуют современным экологическим требованиям. Горелки при работе создают значительный шум, они сложны по конструкции и в эксплуатации.

Для создания современных топок, печей, горелок требуются новые подходы к методам сжигания топлива. В связи с этим возникла актуальная необходимость предложить и исследовать новые способы сжигания газообразного и жидкого топлива и на их основе разработать эффективные конструкции горелок, отвечающих возросшим требованиям.

Новизна предложенного способа и горелки, реализующей этот способ, заключается в затягивании процесса смешения газа или распыленного жидкого топлива с воздухом при одновременном или предварительном подмешивании

продуктов сгорания и воздуха в струи топлива непосредственно в топке печи. Процесс идет при одновременном по мере смешения топлива с воздухом замедленном горении при переменном по длине факела коэффициенте расхода воздуха. В предложенном способе сжигания вместо одного большого факела используется нескольких мелких факелов [1].

Цель настоящей работы — получение данных распределения тепловыделения по объему топочного пространства при замедленном стадийном сжигании топлива, необходимых для регулирования размеров факела и оптимизации теплообмена между газами и теплопринимающими поверхностями, для снижения выбросов оксидов азота и уменьшения шума при работе горелки. На основе полученных результатов исследований закономерностей стадийного сжигания топлива разработана горелка, реализующая предложенный способ сжигания.

Печи, работающие в режиме равномерно распределенного теплообмена, обычно оборудуются прямотруйными горелками для совместного сжигания газового и жидкого топлива. Способ сжигания топлива, который применяется в этих горелках, заключается в следующем. В прямой поток воздуха, направленный в топку, перпендикулярно его оси или под разными

углами, вплоть до 90° , подают тонкими струями газовое топливо из отверстий кольцевого коллектора. Газ полностью или частично смешивается с воздухом в камере смешения горелки или в горелочном камне и топке печи. Горение газозвушной струи начинается в горелочном камне, затем продолжается и заканчивается в топке печи. Такой режим горения можно определить как диффузионный или с предварительно подготовленной смесью. По оси обычно устанавливают прямоструйную форсунку для сжигания жидкого топлива, которое распыляется паром или компрессорным воздухом. Иногда применяют закручивание воздуха, подаваемого на горение.

К горелкам, в которых используется этот способ, относятся горелки ФГМ и их более поздние модификации, а также зарубежные аналоги. Такими горелками оборудовано большинство отечественных и зарубежных печей. Подобные конструкции применяются на водогрейных котлах и парогенераторах [2, 3]. Они надежно работают на чистом природном газе, однако производят большое количество выбросов оксидов азота ($120\text{--}250\text{ мг/м}^3$ при $\alpha = 1,05$) и создают значительный шум.

В нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, где чаще всего используются технологические топливные газы сложного и переменного составов, надежность горелок снижается. Из-за наличия водорода в топливном газе зона горения перемещается ближе к камере смешения, а иногда внутрь горелки. Коллектор и подводящие патрубки нагреваются, находящийся в топливном газе сероводород разлагается при $t = 180\text{--}200^\circ\text{C}$, и сера оседает на внутренних полостях, забивая сопловые отверстия. При этом происходит перегрев кладки и обшивки печи в месте установки горелок, увеличиваются тепловые потери. Перегрев горелок и быстрый выход их из строя наблюдается в парогенераторах заводских ТЭЦ, работающих на газах нефтепереработки. Тяжелые углеводороды и жидкое топливо значительно увеличивают длину пламени, при увеличении мощности горелки возможно пережог труб, расположенных с противоположной от горелок стороны. Перегрев кладки и обшивки, местный пережог труб значительно сокращают срок службы печей.

В европейских странах и США с целью снижения выбросов оксидов азота применяют подмешивание в воздух и топливо дымовых газов, подаваемых в горелку отдельным вентилятором. Известны также горелки с принудительным дутьем, в которых продукты сгорания за счет разрежения, создаваемого струями в кор-

пусе горелки, подсасываются в потоки воздуха и газа из топки печи через ряд отверстий в горелочном камне или обмуровке печи. Конструкции таких горелок довольно сложные. Используется также двухстадийное сжигание и сжигание двумя потоками с $\alpha = 0,8$ и $\alpha = 0,2$ и последующим сжиганием продуктов недожога. Однако эти мероприятия не дают желательного снижения выбросов оксидов азота.

Представляет интерес один из наиболее эффективных и простых, на наш взгляд, способов отопления плавильных печей, позволяющий на несколько порядков снизить образование оксидов азота; это способ беспламенного окисления [4, 5]. В объем плавильного пространства подают воздух и топливо таким образом, что в струи топлива и воздуха многократно (20 и более раз) подмешиваются высокотемпературные газы из топочного пространства. Затем отдельные молекулы топлива, сталкиваясь с молекулами кислорода воздуха, вступают в реакцию горения. Указанный способ применим только для печей с температурой в рабочем пространстве более 900°C .

В результате анализа известных теоретических методов снижения образования оксидов азота при горении топлива, достоинств и недостатков существующих способов и горелок для их реализации приходим к выводу о необходимости предложить и исследовать новые способы сжигания топлива для печей с $t = 300\text{--}900^\circ\text{C}$, работающих в режиме равномерно распределенного теплообмена. На основе предложенного способа было необходимо разработать высокоэффективную конструкцию горелки для трубчатых печей и аналогичных печей и топков, экранированных внутри трубами.

Трубчатые печи являются основными агрегатами, которые применяются для нагрева жидкого или газообразного продукта в нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической, газовой и других отраслях промышленности. В печах трубы, в которых нагревается протекающий по ним продукт, расположены в радиантной части печи вдоль стенок объема топки и в конвективной части. Отапливаются печи газобразным и жидким топливом. Газовое топливо может представлять собой природный газ, состоящий в основном из метана, и газов, получаемых в процессе нефтепереработки, риформинга, и другие. В состав последних, кроме метана, входят более тяжелые предельные и непредельные углеводороды, водород и сероводород [3, 6]. Жидкое топливо — это чаще всего мазуты различных марок, которые используются в основном как дополнительное или резервное топливо.

Хотя трубчатые печи различаются между собой назначением и конструкцией, их можно разделить на два основных типа с точки зрения реализуемых в них режимов теплообмена, то есть распределения температур в топочном пространстве, направления тепловых потоков и применяемых для отопления печей горелок [7]. Один из режимов, который рассматривается в данной работе, — это режим равномерно распределенного радиационного теплообмена, при котором сжигание топлива происходит в объеме топки и при этом необходимо обеспечить как можно более равномерное распределение теплогенерации и температур в объеме топки, а также равномерный по площади подвод тепла к поверхности нагрева.

В основу этого способа сжигания газового и жидкого топлива для обеспечения минимальных выбросов оксидов азота положены все известные методы в определенной их комбинации [8]: а) снижение максимальной температуры в зоне горения; б) предварительное подмешивание в воздух, который подается на горение в газовое и распыленное жидкое топливо, высокотемпературных продуктов сгорания; в) подмешивание осуществляется непосредственно в топке в свободные струи воздуха и топлива, направленные в пространство топки по определенным закономерностям; г) применение многофакельного сжигания топлива вместо сжигания его одним факелом; д) растягивание диффузионного многостадийного горения топлива по мере смешения топлива и воздуха (с подмешиваемыми в них продуктами сгорания) и пересекающихся под небольшим углом струях.

Кроме снижения выбросов оксида азота, предложенные способ сжигания и горелка для его реализации показали эксплуатационные и конструктивные по сравнению с аналогами преимущества при работе на трубчатых печах нефтеперерабатывающей промышленности.

Горелками в двухтопливном комбинированном варианте можно сжигать совместно или раздельно газовое и жидкое топливо. Также разработаны упрощенные однотопливные конструкции горелок для сжигания газа и жидкого топлива.

Благодаря специальной конструкции горелка надежно работает на природном газе и на топливных газах нефтепереработки с плотностью 0,5–3,5 кг/м³, в том числе и с большим содержанием водорода и сероводорода.

Горелка состоит из воздушного корпуса 1, выполненного в виде колена из труб (рис.1). С одной стороны корпуса установлен фланец 2 для подключения к воздушной магистрали. С

рабочей стороны к цилиндрической части корпуса приварена заглушка 3 в виде полого усеченного конуса с углом образующей при нижнем основании β_B (в приведенном на рис.1 варианте $\beta_B = 20^\circ$). Через отверстия в образующей корпуса перпендикулярно к ней вставлены и приварены патрубки 4 (воздушные сопла) количеством $n = 8$ шт. и внутренним диаметром $d_B = 41$ мм). Таким образом, каждый патрубок наклонен к оси горелки под углом β_B , а между собой оси патрубков имеют угол $\psi = 45^\circ$. Усеченный конус с патрубками образует воздушную сопловую головку.

Через отверстие в колене корпуса 1 и отверстие в верхнем основании корпуса 3 соосно с воздушным корпусом вставлен газовый струйный распределитель (газовый ствол) 5, представляющий собой две концентрические трубы. Кольцевой зазор между трубами закрыт с одной стороны плоским фланцем 6, а с другой — толстостенной заглушкой 7 в виде конуса с углом при нижнем основании $\beta_T = 30^\circ$. Количество отверстий n диаметром $d_T = 6$ мм на образующей конуса перпендикулярно к ее поверхности соответствует количеству воздушных сопел. Отверстия расположены по окружности с равным шагом. Благодаря большой толщине заглушки эти отверстия играют роль сопел, направляющих газовые струи под углом β_T к оси горелки, образуя газовую сопловую головку. С тыльной стороны к газовому струйному распределителю подключен патрубок 8 для подачи газа из сети в кольцевой зазор. Газовая сопловая головка выступает над основанием воздушной сопловой головки на величину $b = 125$ мм.

Внутри газового струйного распределителя расположена форсунка 9 для распыливания жидкого топлива и организации направленного движения струй мелкодисперсного топлива с распыливающим агентом (паром или воздухом) в зону горения. Штуцера 10 и 11 служат для подачи в форсунку газа и жидкого топлива. Горелка устанавливается через отверстие в кладке 12 и крепится к обшивке печи 13 фланцем 14.

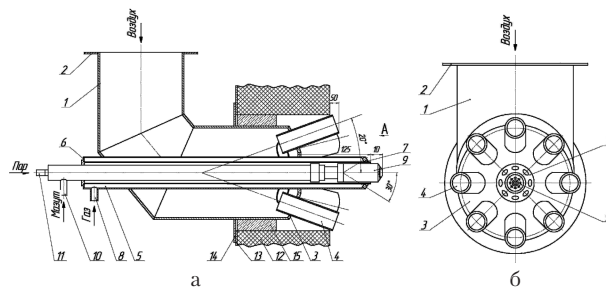


Рис.1. Конструкция многофакельной горелки: а — общий вид; б — вид А.

В зазоре между кладкой и корпусом горелки расположена теплоизоляция 15. Для фиксации форсунки от продольного перемещения служит кольцо 16.

При сборке и монтаже горелки газовый струйный распределитель и форсунку ориентируют вокруг оси таким образом, чтобы оси каждого сопел (воздушного, газового и жидкостного) располагались в одной плоскости. От продольного перемещения форсунку фиксируют упорной шайбой 20.

Принцип работы горелки в газовом режиме заключается в следующем. Воздух из магистрали через регулируемую воздушную заслонку подают в воздушный корпус горелки 1, который через n отверстий в газовой сопловой головке 7 таким же количеством струй вытекает в печь. Оси воздушных сопел и, следовательно, струй наклонены к продольной оси корпуса горелки под углом $\beta_{\text{в}} = 20^\circ$, а газовых сопел и струй — $\beta_{\text{г}} = 30^\circ$. Оси всех сопел и струй между собой имеют угол $\psi = 45^\circ$. Поскольку оси каждой газовой струи и соответствующие им оси каждой воздушной струи находятся в одной плоскости, то на некотором расстоянии от горелки в топочном пространстве струи встречаются и начинается смешение газа с воздухом и воспламенение смеси первоначально от факела запальника, а затем поддерживается цепная реакция горения. Выгорание газа происходит по мере смешения газа с воздухом по длине струй. Такое многоструйное затянутое горение позволяет равномерно распределить тепловое напряжение по объему печи, повысить теплоотдачу от факела и значительно снизить образование термических оксидов азота.

Углы наклона воздушных струй к оси горелки $\beta_{\text{в}}$ и газовых $\beta_{\text{г}}$, количество сопел и их диаметры рассчитывают теоретически и проверяют экспериментально применительно к конкретным топкам и печам. При этом необходимо подобрать такие параметры, чтобы исключить горение на поверхности теплообменных труб печи при максимальной нагрузке горелки и при коэффициенте избытка воздуха $\alpha \approx 1,05$.

Для качественного сжигания жидкого топлива его необходимо распылить на возможно меньшие капли, смешать с воздухом и поджечь. Тонкодисперсное распыление жидкого топлива и направленная подача его в топочное пространство осуществляются форсункой. В качестве распыливающего агента используется или перегретый пар при давлении 4–6 кг/см², или компрессорный воздух при таком же давлении.

В остальном работа горелки в режиме сжигания жидкого топлива аналогична работе го-

релки в режиме сжигания газового топлива за исключением того, что в первом случае в камере печи происходит вначале испарение капель топлива вследствие их нагрева излучением и контакта с топочными газами с одновременным смешением с воздухом и последующим воспламенением. Поэтому горение жидкого топлива более затянутое, чем горение топливного газа, и факел жидкого топлива имеет большую длину.

Заданное соотношение распылителя к жидкому топливу в пределах 0,15–0,3 кг на 1 кг является оптимальным. При большем относительном расходе пара происходит балластирование паром мелкодисперсной смеси топлива, что приводит к затягиванию начала воспламенения, удалению факела от горелки и, возможно, к срыву пламени, а также уменьшению температуры печных газов и снижению КПД печи. Меньший относительный расход пара ухудшает распыл жидкого топлива, что также приводит к затягиванию горения и недожогу.

Для обеспечения качественного распыла жидкого топлива его вязкость должна находиться в пределах 4–8° ВУ, что достигается подогревом жидкого топлива до требуемой температуры в зависимости от вида топлива.

В режиме совместного сжигания на горелку подают одновременно газ и жидкое топливо в любом необходимом соотношении и воздух в количестве, требуемом для полного сжигания топлива, то есть при $\alpha = 1,05$ –1,1. Мощность горелки регулируют изменением расхода какого-либо из топлив и соответствующей подачей воздуха. Совместное горение обоих видов топлива происходит таким же образом, как и в предыдущих двух режимах.

В однотопливном варианте горелки для сжигания газа исключается мазутная форсунка и упрощается конструкция газового сопла, а для сжигания жидкого топлива вместо газового ствола устанавливают мазутную форсунку. В обоих случаях все размеры воздушного корпуса и сопел остаются такими же, как и в двухтопливном варианте горелки.

Исследование способа сжигания и двухтопливной горелки проведено на трубчатой шатровой печи для первичной переработки нефти Туапсинского нефтеперерабатывающего завода. Одна такая горелка была установлена на печи взамен прежней горелки типа ФГМ в месте, откуда было удобно наблюдать за горением. Горелка имела такие постоянные геометрические параметры: угол наклона осей воздушных сопел к продольной оси горелки $\beta_{\text{в}} = 30^\circ$; угол наклона газовых и мазутных сопел $\beta_{\text{г}} = \beta_{\text{м}} = 40^\circ$; при этом угол между газовыми и мазутными соплами $\psi = 10^\circ$. Диаметр воздушных сопел

$d_B = 40$ мм, диаметр воздушного ствола 200 мм. Газовый ствол и форсунка имели возможность передвигаться вдоль оси, и таким образом можно было изменять расстояние между соплами l_p вдоль оси при постоянном расстоянии $a_p = 65$ мм в направлении, перпендикулярном оси горелки. Вследствие этого изменялось место пересечения струй. Диаметры отверстий мазутного сопла d_M в опытах составляли от 2,0 до 4,0 мм, а d_T в газовой сопловой головке — от 3 до 8 мм.

Номинальная тепловая мощность горелки — 1,6 Гкал/ч; плотность газа — 1,11 кг/м³; низшая теплота сгорания газа $Q_p^H = 13000$ ккал/м³; теплота сгорания жидкого топлива $Q_p^H = 10000$ ккал/м³; температура подогрева воздуха — 120 °С; относительный расход пара на горелку $V_T = 123$ м³/ч (на одно сопло — 15 м³/ч); номинальный расход мазута на горелку — 100 кг/ч (на одно сопло — 20 кг/ч). Состав газа, % (об.): H₂ — 25,0; CH₄ — 18,5; C₂H₂ — 7,7; C₂H₆ — 9,2; C₂H₈ — 21,8; C₃H₈ — 8,7; C₄H₁₀ — 3,9; C₄H₈ — 2,8; C₅H₁₂ — 0,9; H₂S — 1,5.

Исследования проводили при работе только на газе, затем на мазуте и при совместном сжигании обоих видов топлива. Мощность горелки изменяли в пределах от 0,3 номинальной до 1,2 при разных комбинациях геометрических параметров.

В результате опытов были определены оптимальные геометрические параметры: b — расстояние, на которое выступает газовая сопловая головка над основанием воздушной сопловой головки, равное 125 мм; $l_p = 85$ мм; $d_T = 6$ мм; $d_M = 3$ мм. При номинальном расходе топлива и $d_T < 4,5$ мм наблюдалось неустойчивое горение в пространстве, а при 4 мм происходил срыв пламени. При $d_T > 8$ мм отмечено затяжное горение и коптящее пламя.

При $d_M < 2,5$ мм тоже наблюдалось неустойчивое горение, а при $d_M > 3,5$ мм ухудшалось горение и появлялась копоть.

Форма факела и его ориентировочные размеры при работе горелки номинальной мощности представлены на рис.2.

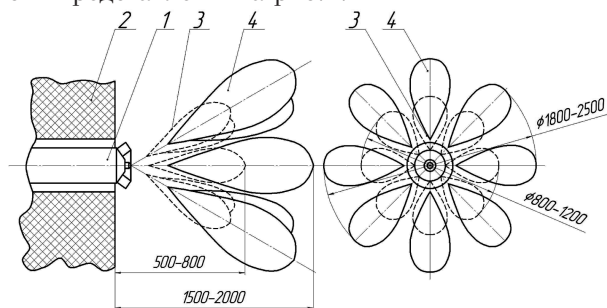


Рис.2. Формы и размеры факелов горелки (вид сбоку и с торца) при работе на газовом и жидком топливе: 1 — двухтопливная горелка; 2 — кладка печи; 3 — газовый факел при работе только на газе; 4 — мазутный факел при сжигании только мазута.

После проведенных исследований были спроектированы и изготовлены более простые по конструкции однотопливные варианты горелки. На шатровой печи вместо существующих горелок типа ФГМ установлено 6 мазутных горелок с двух сторон в центре и по краям печи, остальные 16 горелок — газовые.

После ремонта печи и установки многофакельных горелок в рабочем режиме на протяжении 4 недель проводили анализ дымовых газов на выходе из печи до установки многофакельных горелок и после (таблица).

Усредненные результаты анализа дымовых газов

Горелка	Состав дымовых газов, % (об.)				
	CO ₂	O ₂	CO	SO ₂	NO _x
ФГМ	8,1	3,5	0,25	0,3	124
Многофакельная	9,4	2,3	0,15	0,35	28

Многофакельные горелки однотопливного варианта были внедрены вместо горелок ФГМ на шатровой печи Надворнянского нефтеперерабатывающего завода. Из них 6 шт. — мазутные, остальные 18 шт. — газовые. Одну сторону печи отапливали природным газом, а другую — газом нефтепереработки. Горелки от предыдущих отличались другими углами осей сопел, в них $\beta_B = 20^\circ$, $\beta_T = 30^\circ$. При визуальном наблюдении факел был менее развернутый и языки пламени на расстоянии смыкались. Выбросы оксидов азота после установки горелок были снижены в 4–6 раз и составили 25–30 мг/м³, приведенных к $\alpha = 1,0$.

По сравнению с известными способами сжигания топлива и распространенными конструкциями горелок, в частности, ФГМ и аналогичных им, где смешение газа и воздуха происходит в камере перед горелочным камнем, как показали результаты исследований и испытаний, предложенный способ и разработанная многофакельная горелка имеют ряд преимуществ.

Кроме снижения выбросов оксида азота, при работе горелки значительно ниже шум (около 50 дБ по сравнению с существующими, где шум равен 85–90 дБ).

Благодаря относительно коротким факелам, направленным к оси горелки, обеспечивается необходимое тепловыделение по объему пламенного пространства, более полно реализуется режим равномерно распределенного теплообмена, исключается возможность горения у поверхности теплообменных труб или догорания топлива на выходе из топки в конвективной части печи.

Горелки отличаются простой конструкцией, технологией изготовления, монтажа и эксплуата-

тации. Они имеют высокую надежность, в несколько раз больший срок службы, намного меньшую засоряемость сопел и каналов, особенно при работе на топливном газе, содержащем сероводород. Это можно объяснить тем, что зона горения удалена от сопел и поэтому не происходит перегрева газовых коллекторов и разложения внутри полостей сероводорода и отложение серы на внутренних стенках. Особенно это характерно в тех случаях, когда в состав топливного газа входит водород, имеющий высокую скорость распространения пламени.

Принцип работы горелки предусматривает отсутствие горелочного камня, что значительно снижает стоимость горелки. Для установки горелки на печи достаточно иметь отверстие соответствующих размеров в обшивке и кладке печи.

Появляется возможность интенсификации теплообмена и повышения тепловой мощности печи, если позволяют трубные поверхности и мощности по переработке нефтепродуктов. Например, после установки горелок на шатровой печи Туапсинского НПЗ ее рабочая производительность увеличилась в 1,5 раза, хотя горелки позволяли увеличить производительность в 1,7 раза. С горелками ФГМ этого достичь было невозможно, так как при увеличении расхода топлива значительно удлинялось пламя и возникала опасность пережога труб, расположенных с противоположной стороны.

За счет уменьшения тепловых потерь в окружающую среду через кладку в месте установки горелок и интенсификации теплообмена в пространстве топки удельные расходы топлива снизились на 20–25 %. Также увеличился срок службы огнеупоров и обшивки печи в несколько раз, особенно в месте установки горелок

вследствие удаления зоны горения от внутренней поверхности кладки и отсутствия горелочного камня.

Таким образом, разработанный способ и горелку для совместного или отдельного сжигания газового и жидкого топлива струями с затянутым смешением воздуха и топлива можно рекомендовать для реализации в печах и топках, работающих в режиме равномерно распределенного радиационного теплообмена.

Список литературы

1. Пат. 49701 Укр., МПК⁸ F 23 D 17/00. Дуттьовий палиник для спалювання газового та рідкого палива / В.С.Пікашов, В.О.Великодний. — Оpubл. 11.05.10, Бюл. № 9.
2. Иванов Ю.В. Основы расчета и проектирования газовых горелок. — М. : Гостоптехиздат, 1963. — 360 с.
3. Стаскевич Н.А., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. — Л. : Недра, 1991. — 762 с.
4. Lazic L., Hortay P. Техника подавления оксидов азота в печах и котлах // Тр. Междунар. конф. «Экология и теплотехника», Днепропетровск, 2–5 июля 1966. — Днепропетровск, 1966. — С. 51–55.
5. Kircher U. Entwicklungsstand und Fortschritte bei den NOx — Emissionen und Minderungsmaßnahmen in der Glasindustrie // Z. Waerme Gas Int. — 1989. — № 5. — S. 304–310.
6. Ионин А.А. Газоснабжение. — М. : Стройиздат, 1989. — 439 с.
7. Глинков М.А. Основы общей теории печей. — М. : Металлургиздат, 1969. — 575 с.
8. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. — Л. : Недра, 1988. — 312 с.

Поступила в редакцию 09.08.12

Pikashov V.S., Velikodnyy V.A.

The Gas Institute of NAS of Ukraine, Kiev

The Method and Burning Device for Phasic Combustion of Gaseous and Liquid Fuels with Fuel and Air Prolonged Mixing

The method and burning device for phasic combustion of gases and liquid fuel with prolonged fuel and air mixing is developed. The design of burning device implementing the combustion method is adduced. The device is implemented at two oil refineries on oil primary processing furnaces for they thermal capacity increase and fuel economy. The averaged by one month measurements of burning devices operation parameters in industrial conditions before and after the devices implementation are carried out.

Key words: fuel gas, tubular furnaces, burning device, uniformly distributed heat exchange, nitrogen oxides emissions.

Received August 9, 2012