

Лекция 5.

2.2. Сжигание газообразного и жидкого топлива

Сжигание газов производится в топочной камере, куда горючая смесь подается через горелки. В топочном пространстве в результате сложных физико-химических процессов образуется струя горящего газа, называемая факелом.

В зависимости от способа подачи воздуха, необходимого для горения, возможны следующие виды сжигания газов:

- диффузионный;
- кинетический;
- диффузионно-кинетический (смешанный).

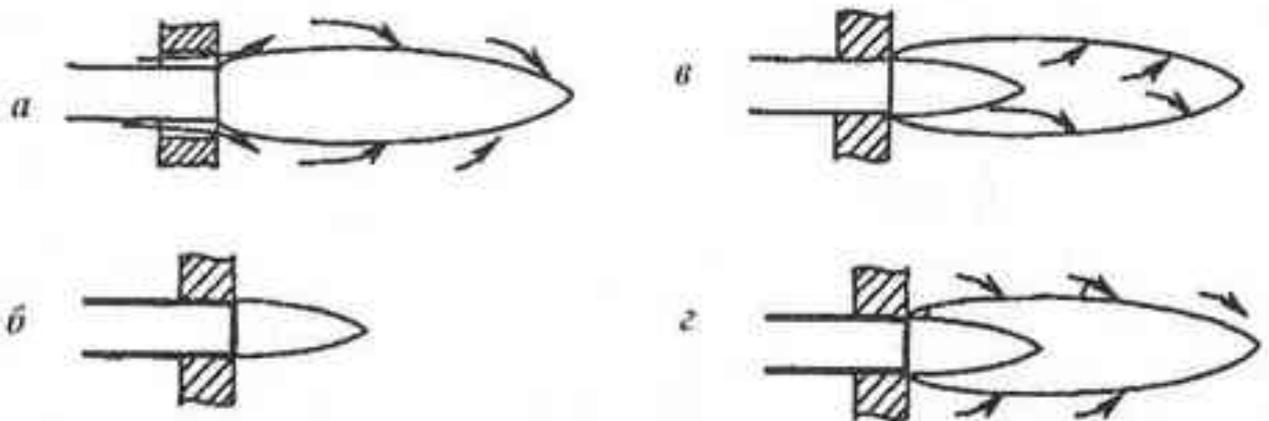


Рис.2.4. Методы сжигания газа

а - диффузионный; **б** - кинетический; **в** - диффузионно-кинетический в горелках с неполным предварительным смешением; **г** - диффузионно-кинетический в горелках с частичным предварительным смешением

Диффузный метод горения заключается в подаче к фронту горения газа под давлением, а воздух - из окружающего пространства за счет молекулярной или турбулентной диффузии. При этом смешение происходит параллельно с горением, и поэтому скорость самого процесса горения зависит и определяется скоростью смесеобразования.

Происходит процесс горения при контакте между газом и воздухом. К струе газа (рис.2.4,а) диффундирует воздух, а из струи газа в воздух - газ. Процесс горения происходит в фронте горения, тонком поверхностном слое факела, к которому из внутренней части факела поступает газ, а из топки - воздух.

В результате процесса сжигания выделяются продукты сгорания, которые в свою очередь осложняют взаимную диффузию газа и воздуха и горение протекает медленно с образованием частиц сажи. Поэтому диффузионное горение можно охарактеризовать как достаточно длинное и светящееся пламя.

Положительным моментом диффузионного метода сжигания газа является возможность контролировать весь процесс горения в полном объеме. Процессом смесеобразования легко управлять при применении специальных регулировочных устройств. Дроблением струи газа на отдельные факелы, изменением диаметра сопла горелки, регулированием давления газа и т. д. можно регулировать площадь и длину факела.

К преимуществам диффузионного метода сжигания относятся: отсутствие проскока пламени, высокая устойчивость пламени при изменении тепловых нагрузок, равномерность температуры по длине пламени. Также этот метод имеет свои недостатки, а именно: вероятность термического распада углеводородов, низкая интенсивность горения, потребность в больших топочных объемах, вероятность неполного сгорания газа.

Кинетический метод горения (рис.2.4,б) заключается в подаче к месту горения газовой смеси, которая образуется в горелке полностью. Газовоздушная смесь сгорает в коротком факеле в виде голубого прозрачного конуса. К плюсам данного метода относят: малую вероятность химического недожога, небольшую длину пламени, высокую температуру факела. А к минусам - необходимость в стабилизации газового пламени.

Диффузионно-кинетический метод сжигания газа используется:

- при предварительном неполном смешении газа с воздухом без образования однородной смеси

- при частичном предварительном смешении газа с воздухом, при котором образуется однородная смесь с недостатком окислителя в начальной смеси.

Осуществляется диффузионно-кинетический метод сжиганием факела, который имеет два фронта горения (рис.2.4,в и г): кинетический, в виде голубого прозрачного конуса, и диффузионный, в котором происходит догорание топлива, факел при этом прозрачный бледно-голубого цвета.

В горелках, имеющих неполное предварительное смешение (рис.2.4,в) воздух продвигается в полном объеме, из горелки выходит плохо перемешанная неоднородная газоздушная смесь, а воздух к диффузионному фронту горения поступает из внутренней части факела.

Частичное предварительное смешение (рис.2.4,г) горелки создает условия для предварительного смешения газа только с частью воздуха, необходимого для полного сгорания газа, а остальной воздух поступает из окружающей среды непосредственно к факелу. В этом случае сначала выгорает во фронте кинетического горения лишь часть газа, смешанная с первичным воздухом, а оставшаяся часть газа, разбавленная продуктами сгорания, выгорает после присоединения кислорода вторичного воздуха из топки во фронте диффузионного горения.

Характерной особенностью сжигания природного газа является образование горючей смеси из резко различных по объему количеств газа и воздуха: на 1 м³ природного газа расходуется около 20 м³ горячего воздуха. Поэтому в горелке необходимое сечение для подвода газа невелико. Обеспечить хорошее

перемешивание с воздухом в этих условиях можно только путем ввода газа в поток воздуха большим числом отдельных тонких струй с высокой проникающей способностью (скорость газа до 120 м/с при скорости основного потока воздуха 25...40 м/с). Газовые горелки являются горелками с частичным внутренним смешением, поскольку в пределах горелки не достигается полное перемешивание газа и воздуха, оно завершается уже в топочной камере. В результате небольшая часть газа в зонах высоких температур при нехватке кислорода подвергается термическому разложению (пиролизу) с образованием сажистых частиц. Поэтому при работе газовой горелки также создается достаточно яркий факел в топке с максимумом температуры горения на определенном удалении от амбразуры горелки, что снижает опасность ее обгорания.

В большинстве случаев ввод газа в воздушный поток выполняют перпендикулярно направлению движения воздуха. Возможен ввод газа и под некоторым углом α к линии токов воздуха (рис.2.5). Для равномерного распределения газа в объеме воздуха глубина проникновения отдельных струй газа должна быть различной. Определяющей характеристикой при расчете проникновения газовой струи является глубина внедрения h , определяемая соотношением количеств движения газовой струи и воздушного потока и характеризующая расстояние по нормали от устья струи до места, где она принимает спутное направление движения с воздушным потоком.

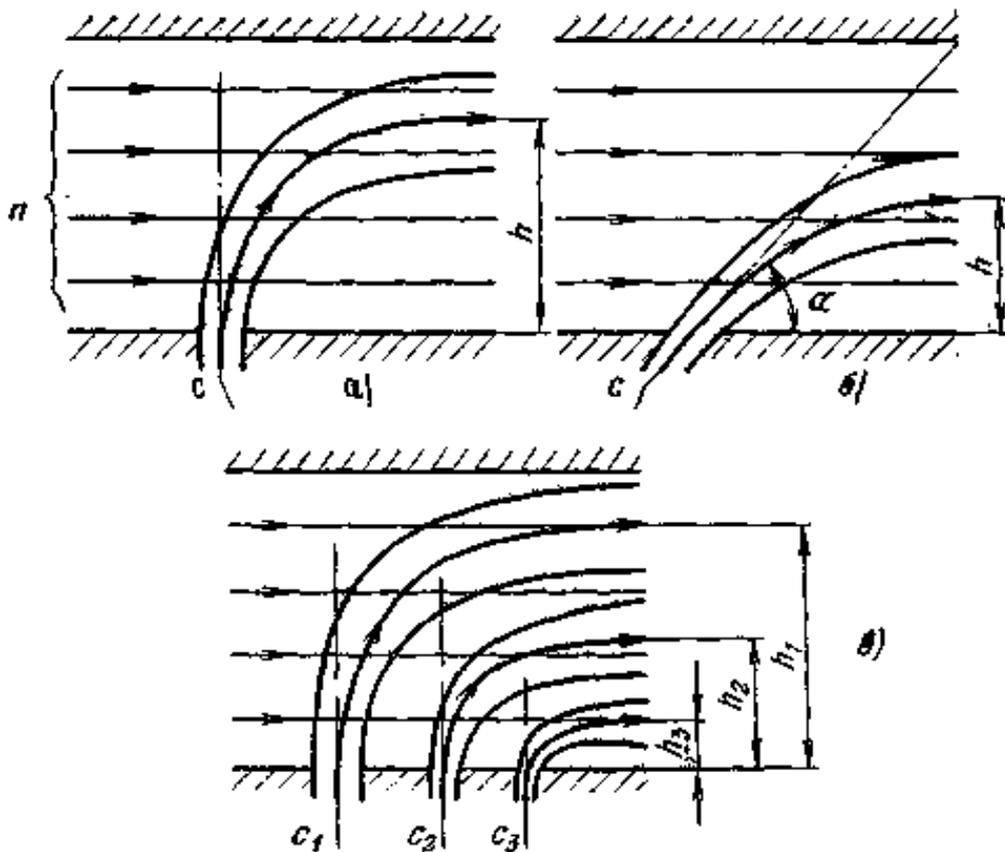


Рис.2.5. Проникновение газовой струи в сносящий поток воздуха
а – одиночная струя при перпендикулярном вводе в поток; **б** – то же при вводе под углом $\beta < 90^\circ$; **в** – внедрение в поток многорядных газовых струй; П – поток воздуха; h – глубина проникновения струи.

Глубина внедрения струи определяется главным образом ее диаметром и отношением скоростей струи газа и воздуха. При выполнении газовых отверстий вдоль потока воздуха в несколько (2...3) рядов, равномерное распределение газа в воздушном потоке достигается путем уменьшения диаметра отверстий по направлению движения воздуха (рис.2.5,в). Определяющими параметрами газовой горелки являются:

1. Относительная длина зоны внутреннего смешения $l_{см} = L_{см} / D_a$, где D_a – диаметр выходной амбразуры горелки (рис.2.6). Она характеризует условия частичного внутреннего смешения потоков.

2. Аэродинамический параметр, характеризующий интенсивность турбулентного смешения

$$n_a = \frac{\rho_v \omega_{в.з}^2}{\rho_{г} \omega_{г}^2},$$

где $\omega_{в.з}$ – действительная скорость завихренного потока воздуха, примерно равная удвоенной расходной (аксиальной) скорости; $\omega_{в.з} = 2\omega_a$. Оптимальное значение параметра $n_a = 1 \dots 1,2$.

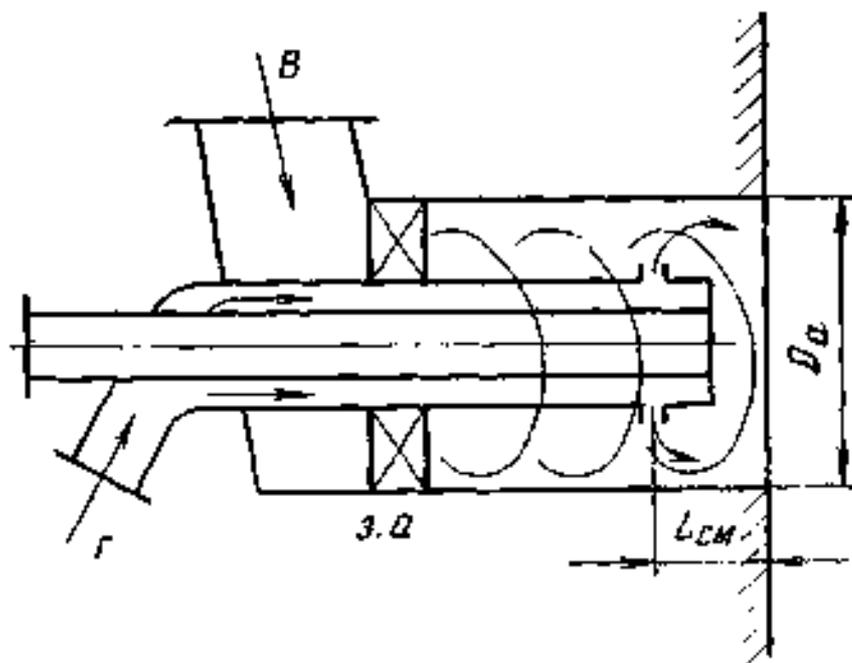


Рис.2.6. Схема газовой горелки с центральным вводом газа

В – ввод горячего воздуха; Г – подвод проводного газа; з.а. – завихряющий аппарат.

3. Размер, форма и расположение газовых отверстий, определяемые общей конструкцией горелки.

Возможен периферийный, центральный и двусторонний ввод газовых струй в поток воздуха в горелках. На рис.2.4 показан центральный ввод газа.

Особенности сжигания жидкого топлива. Каждое жидкое горючее, так же как любое жидкое вещество, при данной температуре обладает определенной упругостью пара над своей поверхностью, которая увеличивается с ростом температуры.

При зажигании жидкого горючего, имеющего свободную поверхность, загорается его пар, содержащийся в пространстве над поверхностью, образуя горящий факел. За счет тепла, излучаемого факелом, испарение резко увеличивается. При установившемся режиме теплообмена между факелом и зеркалом жидкости количество испаряющегося, а следовательно, и сгорающего горючего достигает максимального значения и далее остается постоянным во времени.

Процесс горения жидких горючих со свободной поверхностью происходит следующим образом. При установившемся режиме горения за счет тепла, излучаемого факелом, жидкое горючее испаряется. В восходящий поток горючего, находящегося в паровой фазе, посредством диффузии проникает воздух из окружающего пространства. Полученная таким образом смесь образует горящий факел в виде конуса, отстоящего от зеркала испарения на 0,5...1 мм. Устойчивое горение протекает на поверхности, где смесь достигает пропорции, соответствующей стехиометрическому соотношению горючего и воздуха. Это предположение следует из тех же соображений, что и в случае диффузионного горения газа. Химическая реакция протекает в очень тонком слое фронта факела, толщина которого не превышает нескольких долей миллиметра. Объем, занимаемый факелом, зоной горения делится на две части: внутри факела находятся пары горючей жидкости и продукты сгорания, а вне зоны горения — смесь продуктов горения с воздухом.