

# ВЫБОР ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ГАЗОИСПОЛЬЗУЮЩИХ АГРЕГАТОВ

- Выбор рациональной конструкции газовых горелок и их размещение зависят:
- – от назначения агрегата;
- – его тепловой мощности;
- – технологии нагрева и теплового режима, определяемого температурой, равномерностью и временем нагрева;
- – требований по длине и светимости, предъявляемых к факелу;
- – особенностей устройства рабочей или топочной камеры

# ВЫБОР ГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ГАЗОИСПОЛЬЗУЮЩИХ АГРЕГАТОВ

- Правильно выбранная газовая горелка должна обеспечивать:
  - подвод в зону горения требуемого количества газа и воздуха;
  - их хорошее перемешивание;
  - полное сжигание газа при минимальном коэффициенте избытка воздуха;
  - необходимый теплообмен в рабочем пространстве агрегата, исключающий локальные перегревы;
  - устойчивую работу в необходимом диапазоне изменения теплопроизводительности.

# Диффузионные горелки

- Диффузионные горелки применяются для сжигания природных газов в установках, где требуется длинный светящийся (копящий) факел с равномерной температурой по его длине: мартеновских, цементных, стекловаренных и др.
- Они незаменимы в высокотемпературных плавильных печах, где необходим растянутый факел с высокой степенью черноты.
- В чугунных секционных котлах, сушилках и других агрегатах, имеющих разрежение в топке и резервное топливо — уголь, могут быть использованы подовые горелки низкого давления ПГ-Н конструкции

Для быстрого перевода котлов с газового топлива на твердое и обратно используются вертикальные щелевые горелки с принудительной подачей воздуха конструкции Ленгипроинжпроекта

# Диффузионные горелки

- Диффузионные горелки низкого и среднего давления в виде труб с одним или несколькими сопловыми отверстиями на конце используются в шахтных печах для обжига извести и шамота. В стекловаренных печах трубчатые диффузионные горелки встраиваются в боковые стенки и торцы.
- Для сжигания большого количества газа во вращающихся печах промышленности строительных материалов (цементных, известковых и др.) применяются горелки с изменяющимся сечением с регулируемой длиной факела.

# Инжекционные горелки

- Инжекционные горелки среднего давления можно использовать в небольших и средних промышленных и коммунальных установках с относительно постоянной температурой в рабочем пространстве, при небольших колебаниях расхода газа, при возможности получения необходимой температуры без подогрева воздуха (нагревательные и термические камерные печи, сушилки, чугунные секционные отопительные котлы, хлебопекарные и кондитерские печи и др.).
- Наибольшее распространение получили инжекционные горелки с расходом газа до 100 м<sup>3</sup>/ч, так как при больших расходах они становятся громоздкими и металлоемкими. Их не применяют в следующих случаях: при значительных колебаниях давления и теплоты сгорания газа, при необходимости иметь растянутый факел и очень высокую интенсивность теплоотдачи, при наличии у агрегата рекуператора из-за значительного сопротивления последнего и возможности выхода его из строя при внезапном прекращении работы горелок.

# РАСЧЕТ ПОДОВЫХ ГОРЕЛОК

- Исходными данными для расчета являются тепловая мощность горелки, химический состав газа, температура газа и воздуха, а также характеристики котельной установки, для которой горелка предназначена.
- Расчет горелок должен обеспечивать необходимую для установки тепловую мощность, широкий диапазон регулирования расхода газа, устойчивость пламени без применения искусственных стабилизаторов горения, отсутствие или допустимую концентрацию вредных веществ в продуктах сгорания.
- Он включает в себя определение конструктивных размеров элементов горелки и туннеля (или щели) или проверку возможности работы выбранной горелки при данных условиях, а также необходимого давления газа перед горелкой.

# РАСЧЕТ ПОДОВЫХ ГОРЕЛОК

- Подовая горелка состоит из двух элементов: стальной бесшовной трубы (коллектора) с просверленными в ней отверстиями для выхода газа и огневой части. Последняя представляет собой щель, выложенную из огнеупорного кирпича, в которой располагается коллектор.
- Расчет горелки сводится к определению размеров коллектора и огневой части, диаметра выходных отверстий, их количества и расположения на коллекторе, а также необходимого давления газа перед горелкой.
- Для котлов с поверхностью нагрева  $F_k > 50 \text{ м}^2$  (или при расходе газа  $V_k > 35 \text{ м}^3 / \text{ч}$ ) рекомендуются к установке двухколлекторные горелки с расположением каждого коллектора в своей щели.

# Схема размещения горелки в топке котла

## КОТЛА

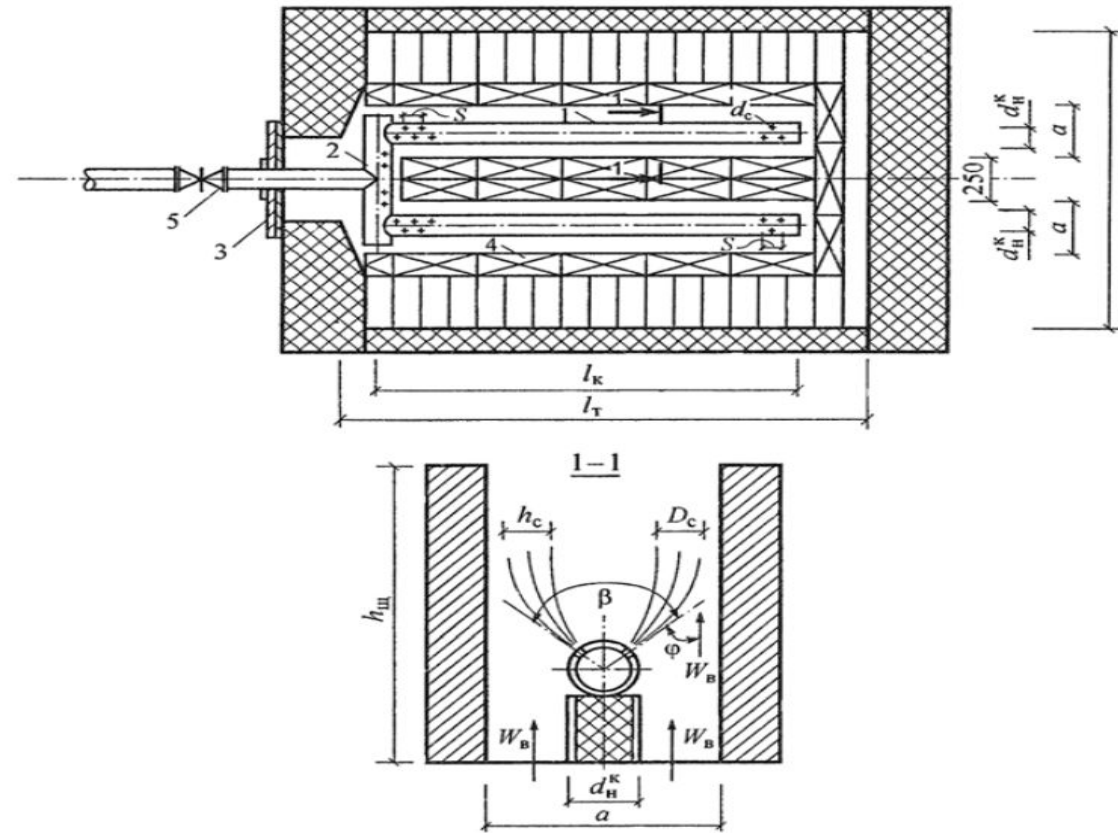


Рис. 2.1. Схемы размещения двухколлекторной подовой горелки в топке котла и коллектора в огневой щели:  
1 – горелка; 2 – поперечный патрубок; 3 – фронтный лист; 4 – кладка из огнеупорного кирпича; 5 – рабочее отключающее устройство



# РАСЧЕТ ПОДОВЫХ ГОРЕЛОК

- Расчет выполняется в определенной последовательности. Определяется расход газа на один коллектор  $V_{\text{кол}}$

- $v_{\text{кол}} = \frac{v_k}{2}, \text{ м}^3/\text{ч}$  (1)

- Диаметр коллектора горелки  $d_{\text{кол}}$ , м, находится с учетом скорости газового потока в нем. При низком давлении  $W_{\text{кол}} = 5...15 \text{ м/с}$ . Диаметр коллектора определяется из уравнения расхода:

- $d_{\text{кол}} = \sqrt{\frac{v_k}{3600 * \frac{\pi}{4} W_{\text{кол}}}}$  (2)

# РАСЧЕТ ПОДОВЫХ ГОРЕЛОК

- Для коллектора принимается стальная труба ближайшего большего калибра и уточняется действительная скорость движения газа в коллекторе:

- $$W_{\text{кол}} = \sqrt{\frac{v_k}{3600 * \frac{\pi}{4} d_{\text{вн}}^2}} \quad (3)$$

- Где  $d_{\text{вн}}$  – внутренний диаметр коллектора, м.
- Рекомендуется принимать диаметр коллектора не менее 40 мм. Задается длина коллектора горелки  $l_{\text{кол}}$ , м. Она должна быть на 100–600 мм меньше длины колосниковой решетки топки  $l_{\text{т}}$ , м. Определяется величина теплового напряжения на 1 м длины коллектора  $q_l$  по формуле

- $$q_l = \frac{v_{\text{кол}} Q_{\text{н}}}{3600 l_{\text{кол}}}, \text{ кВт/м} \quad (4)$$

# Расчетные характеристики подовых горелок

Наименование	Величина
Давление газа перед горелкой $P_{гор}$ в установках производительностью до 1,2 МВт	100–2000 Па
То же 1,2–23 МВт (до 40 т пара в час)	1–30 кПа
Необходимое давление воздуха перед горелкой в установках производительностью до 1,2 МВт	0,6–1 кПа
Необходимое разрежение в топке $\Delta P_t$ при отсутствии дутья и производительности до 1,2 МВт	8–20 Па
То же производительностью более 1,2 МВт	20–30 Па
Тепловое напряжение $q_l$ на метр длины щели в отопительных котлах на газе низкого давления	0,23–0,46 МВт/м
То же в котлах малой производительности (до 10 т/ч пара) при высоте топки до 3 м	1,15–1,75 МВт/м
То же в котлах средней производительности и высоте топки более 3 м	2,3–3,5 МВт/м

# Расчетные характеристики подовых горелок

Наименование	Величина
Скорость воздуха в узком сечении щели	2–2,5 м/с
Скорость выхода газа из отверстий	20–85 м/с
Скорость выхода воздуха	2,5–8 м/с
Диаметр отверстий	2–5 мм
Шаг S	10–20 мм (или 5–10 диаметров отверстий)
Ширина щели (определяется расчетом)	80–100 мм (max 200 мм)
Высота щели	130–200 мм (max 260 мм)
Число горелок (по количеству дверок)	1–3

# РАСЧЕТ ПОДОВЫХ ГОРЕЛОК

- Длина огневой щели  $l_{щ}$ , м, принимается на 30–50 мм больше длины коллектора с учетом возможного теплового расширения последнего.
- Определяется ширина огнеупорных щелей  $a$  для размещения в них коллекторов горелки:
- $$\alpha = \frac{\alpha V_0 V_{кол}}{W_B l_{кол} 3600} * \frac{273+t_B}{273} + d_{кол}^H, \text{ м} \quad (5)$$
- где  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха, величина которого зависит от угла раскрытия в сечении коллектора; при  $\beta = 90^\circ$  –  $\alpha = 1,1$ ;  $180^\circ$  –  $1,05$ . (Необходимо учесть, что стремясь обеспечить полноту сжигания газа, не следует завышать коэффициент избытка воздуха, т. к. при  $\alpha = 1,2$  в процессе горения образуется наибольшее количество окислов азота);
- $W_B$  – скорость воздуха в самом узком сечении щели (между наружной поверхностью коллектора и внутренней поверхностью щели), которая может быть определена по формуле

# РАСЧЕТ ПОДОВЫХ ГОРЕЛОК

- $$W_B = \mu_B \sqrt{\frac{2\Delta P_T}{\rho_B}}$$
- где  $\mu_B$  – коэффициент расхода, учитывающий все гидравлические сопротивления на пути движения воздуха,  $\mu_B = 0,6...0,7$ ;
- $\Delta P_T$  – разрежение в топке, Па;
- $W_B$  принимается равной 2–2,5 м/с (т. к. в данном случае топка котла работает без дутья, за счет тяги; при искусственном дутье – до 8 м/с).
- Для создания такой скорости в топке котла должно быть обеспечено соответствующее разрежение. Определяется минимальное разрежение в топке котла:
- $$\Delta P_T = \frac{1}{\mu_B^2} * \frac{W_2^B}{2} \rho_B, \text{ Па} \quad (6)$$

# РАСЧЕТ ПОДОВЫХ ГОРЕЛОК

- Определяется глубина проникновения струй газа, вытекающих из отверстий коллектора, в поток воздуха в самом узком сечении щели, где происходит смесеобразование, или дальность струй газа  $h_c$ :

- $$h_c = (0,85 \dots 0,9) * \frac{\alpha - d_{\text{кол}}^H}{2}, \text{ мм} \quad (7)$$

- Диаметр газовых отверстий, их число и давление газа рассчитываются из условия наиболее равномерного распределения струй газа по сечению воздушного потока. При этом скорость газа на выходе из отверстий  $W_c$  должна быть в 10–15 раз больше скорости воздуха в щели, т. е.

- $$W_c = (10 \dots 15)W_B, \text{ м/с} \quad (8)$$

# РАСЧЕТ ПОДОВЫХ ГОРЕЛОК

- Диаметр выходных газовых отверстий (сопел коллектора)  $d_c$  можно определить:

- $$d_c = \frac{h_c W_B}{K_s W_C \sin \varphi} \sqrt{\frac{\rho_B}{\rho_0}}, \text{ мм} \quad (9)$$

- где  $K_s$  – опытный коэффициент, зависящий от шага отверстий  $S$  в коллекторах.

	4	6	8	
	1,6	1,7	1,9	2,2



# РАСЧЕТ ПОДОВЫХ ГОРЕЛОК

- $\varphi$  – угол атаки – угол встречи потоков газа и воздуха. При двухрядном расположении отверстий в коллекторе с углом раскрытия  $90^\circ$ :  $\varphi = \beta/2 = 45^\circ$ ,  $\sin \varphi = 0,707$
- Диаметр отверстий принимается не менее 2 мм, так как при меньших размерах отверстий в процессе эксплуатации происходит засорение их сажистыми отложениями, что приводит к нарушению режима работы горелки.
- Уточняется скорость выхода газа из отверстий

$$W_c = \frac{h_c W_B}{K_S d_C \sin \varphi} \sqrt{\frac{\rho_B}{\rho_0}}, \text{ м/с} \quad (10)$$

# РАСЧЕТ ПОДОВЫХ ГОРЕЛОК

- Определяется расстояние между отверстиями в коллекторе (шаг сопел)

- $S = (0,75h_c(2 \dots 5))$ , мм (11)

- и находится количество отверстий в одном коллекторе при двухрядном их расположении:

- $n = 2\left(\frac{l_{\text{кол}}(30 \dots 40)}{S} + 1\right)$ , шт (12)

- Уточняется действительный расход газа через отверстия  $v_{\text{кол}}^{\text{действ}}$

- $v_{\text{кол}}^{\text{действ}} = \frac{\pi d_c^2}{4} * 10^{-6} * 3600 W_c n$ , м<sup>3</sup>/ч (13)

- Определяется невязка, т. е. расхождение между расчетным и действительным

# РАСЧЕТ ПОДОВЫХ ГОРЕЛОК

- Размеры отверстий для выхода газа из коллектора и их количество должны быть подобраны для равномерной загрузки всех сопел таким образом, чтобы отношение их суммарной площади к площади сечения коллектора ( $\sum f_c / f_{кол}$ ) не превышало 30 %.
- Определяется необходимое давление газа перед горелкой  $P_{гор}$ :
- $$P_{гор} = \left( \frac{1}{\mu_c^2} + \sum \zeta \left( \frac{\sum f_0}{f_{кол}} \right) \right) * \frac{W_c}{2} p_0, \text{ Па} \quad (14)$$
- где  $\mu_c$  – коэффициент расхода,  $\mu_c = 0,6 \dots 0,7$ ;
- $\sum \zeta$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений от последней задвижки перед горелкой, включая ее, до выходных отверстий горелки: задвижка  $\zeta = 0,5$ ; тройник поворот  $\zeta = 1,5$ ; отвод  $\zeta = 0,3$ ; истечение из отверстия  $\zeta = 1$ ; итого – 3,3;
- $\sum f_0$  – суммарная площадь всех выходных отверстий (в рассматриваемом случае  $\sum f_0 = 2 \sum f_c$ );