



МИНОБРНАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени В.И. ЛЕНИНА»

Банников А.В.

*Котельные установки
и парогенераторы. Часть 2.
Лекции 7 - 8*

Иваново 2020

Горелочные устройства

**Пылеугольные
горелки**

```
graph TD; A[Пылеугольные горелки] --> B[Вихревые]; A --> C[Прямоточные];
```

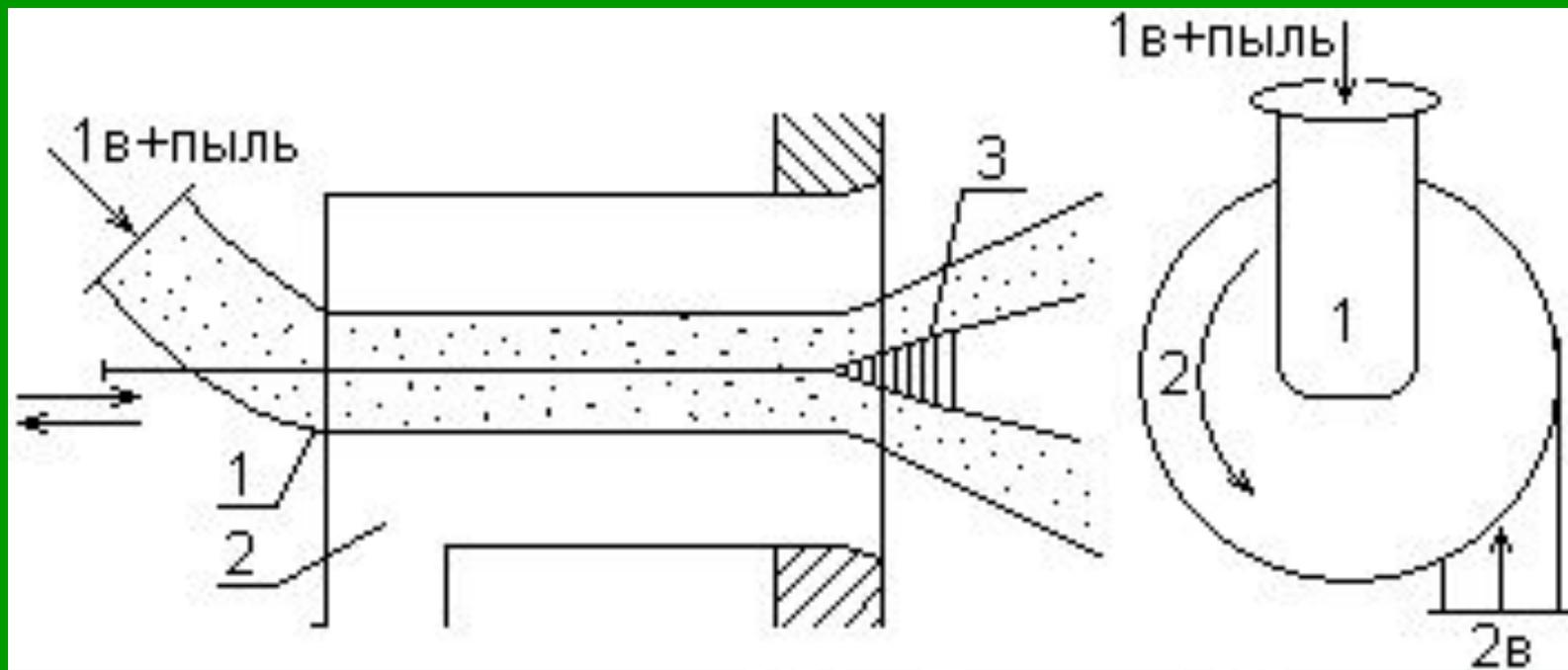
Вихревые

Прямоточные

Вихревые горелки

- Горелка ОРГРЭС (В 1939 году был создан Всесоюзный трест по организации и рационализации районных электрических станций и сетей - ОРГРЭС)

1 – труба первичного воздуха. 2 – улитка вторичного воздуха, 3 – рассекающий (обеспечивает угол раскрытия факела, т.е. подсос топочных газов).



КУ Т АШ

γ – угол раскрытия факела = 30 – 10 – 110 = $f(V^T)$.

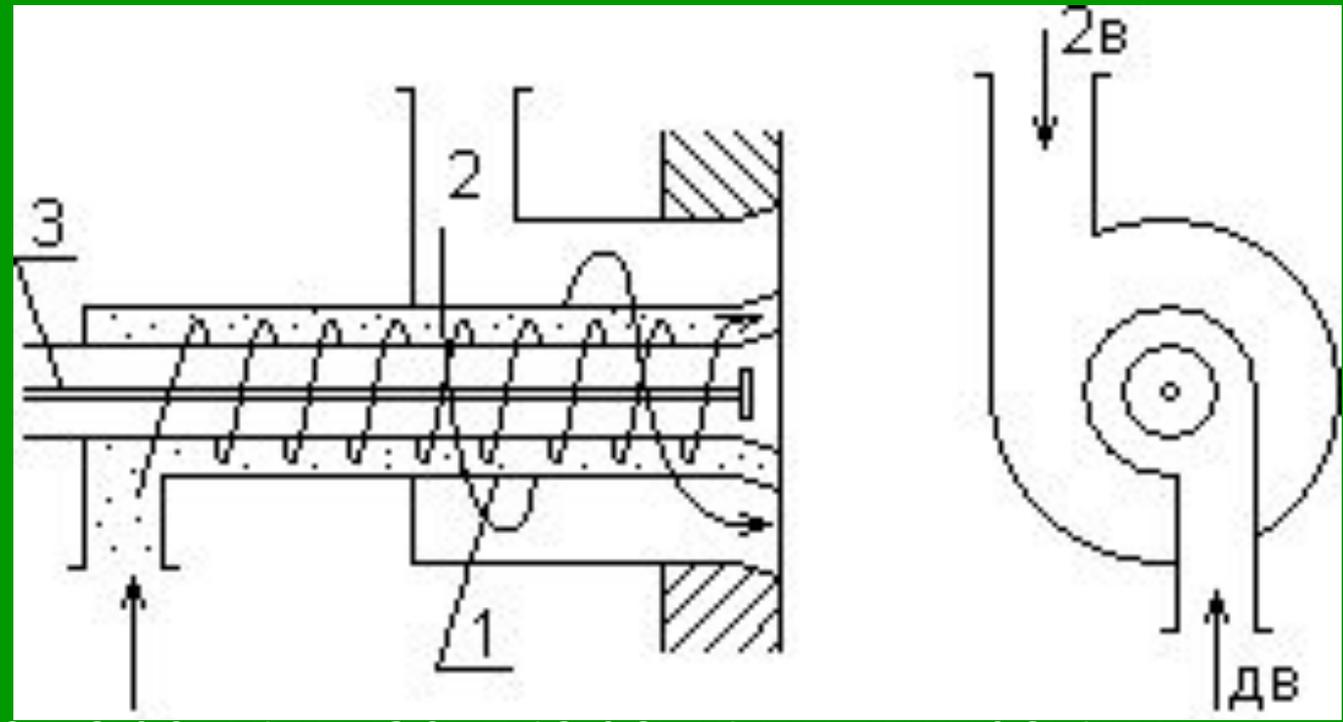
• Горелка ТКЗ (Таганрогский котельный завод)

1 – улитка первичного воздуха.

2 – улитка вторичного воздуха.

3 – растопочная форсунка.

$$\frac{L_D}{D_{амбр}} = 3 \div 4$$

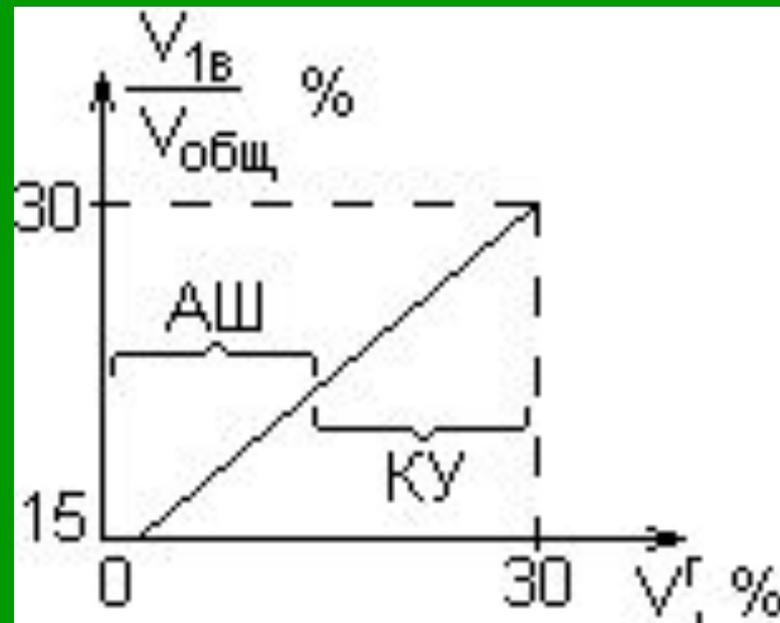
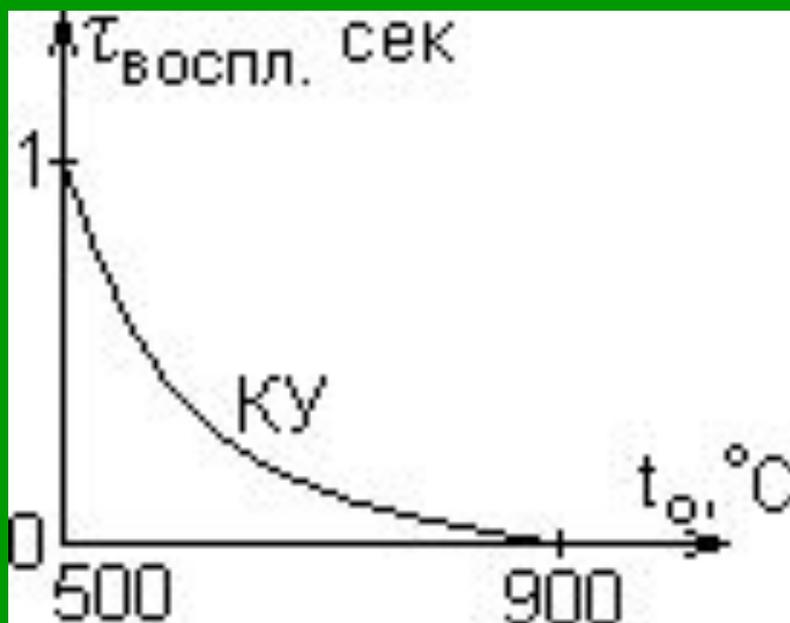


Все вихревые горелки дает короткии, широкии, недальнобойный факел.

Факторы влияющие на воспламенение:

1) Начальная температуры аэросмеси:

$$\uparrow t_0 \rightarrow \downarrow (t_{\text{воспл}} - t_0) \rightarrow \downarrow \tau_{\text{воспл}}$$



2) Доля первичного воздуха (для снижения времени воспламенения её ограничивают).

$$\downarrow V_{г} \rightarrow \downarrow Q_{\text{на нагрев до } t_{\text{воспл}}} \rightarrow \downarrow \frac{V_{1в}}{V_{\text{общ}}}$$

3) Для нормальной работы горелок принимают оптимальные скорости первичного и вторичного воздуха:

1) $\uparrow V^r \rightarrow \uparrow d_{\text{ТВ}} \rightarrow \uparrow W_1$.

2) $\uparrow V^r \rightarrow \uparrow q_3 \rightarrow \uparrow W_{\text{см}} \rightarrow \uparrow W_2$.

$W_1 = 15 - 20$ м/с.

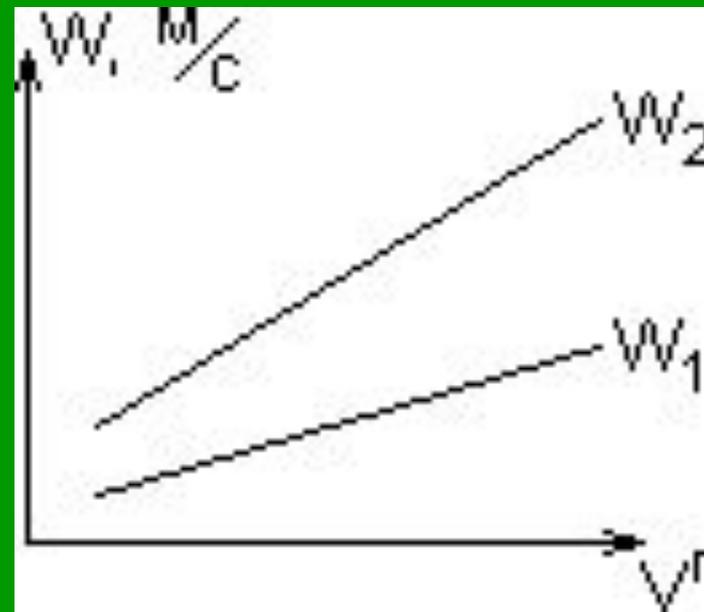
Т, АШ КУ

$W_2 = 20 - 25$ м/с.

Достоинства:

- 1) эффективность смесеобразования.
- 2) широкий диапазон регулирования.
- 3) недальнобойность.

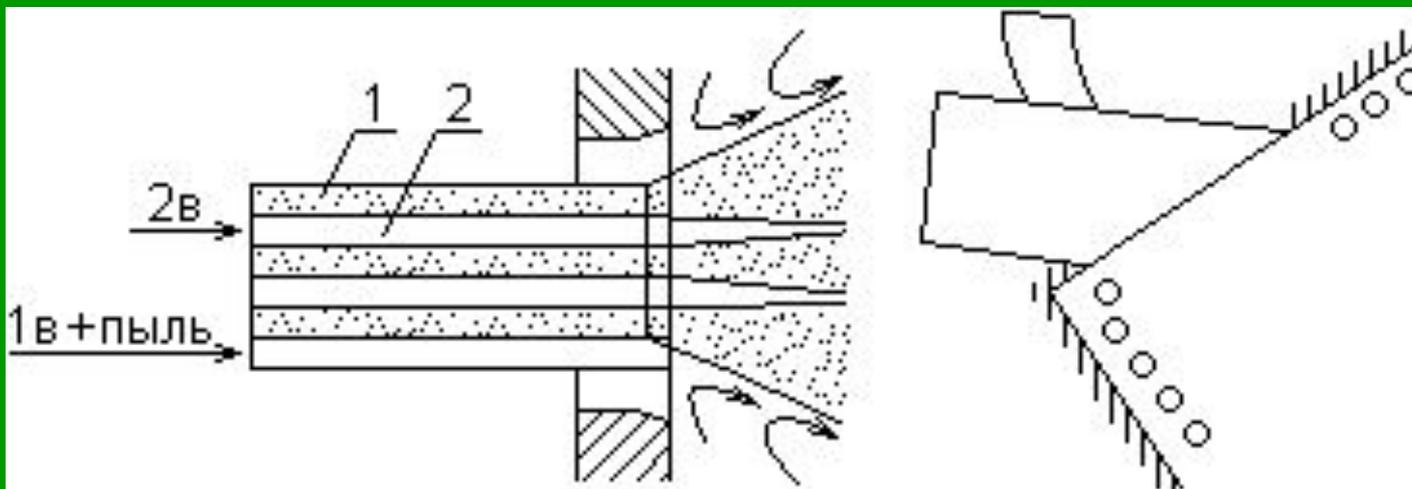
Применяют АШ, Т, КУ (при условии использования ШБМ и МШС).



Прямоточные горелки

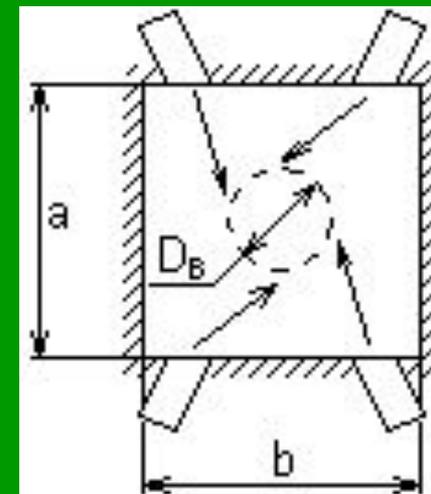
• Угловая щелевая горелка

1 – канал первичного воздуха; 2 – канал вторичного воздуха



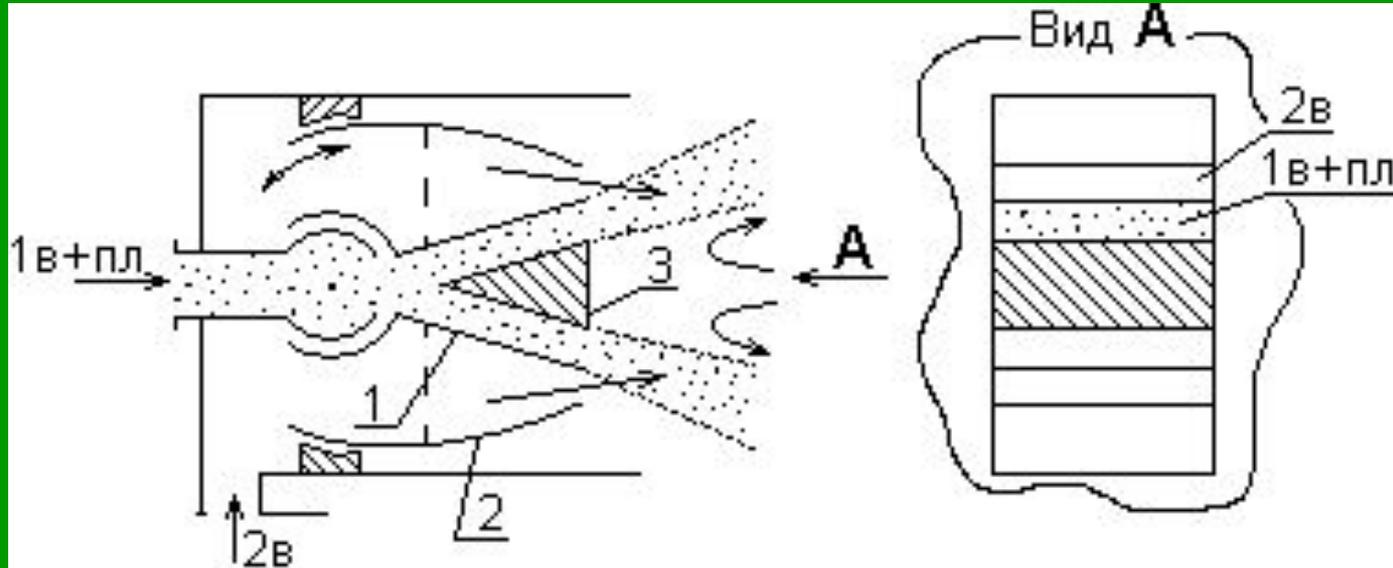
Особенности:

- 1) вялое неинтенсивное смесеобразование;
- 2) отсутствие турбулизирующего эффекта;
- 3) малый угол раскрытия факела;
- 4) высокая дальностьбойность.



• Угловая поворотная горелка ЗиО (завод имени Орджоникидзе)

1 – сопло первичного воздуха; 2 – сопло вторичного воздуха;
3 – рассекатель.

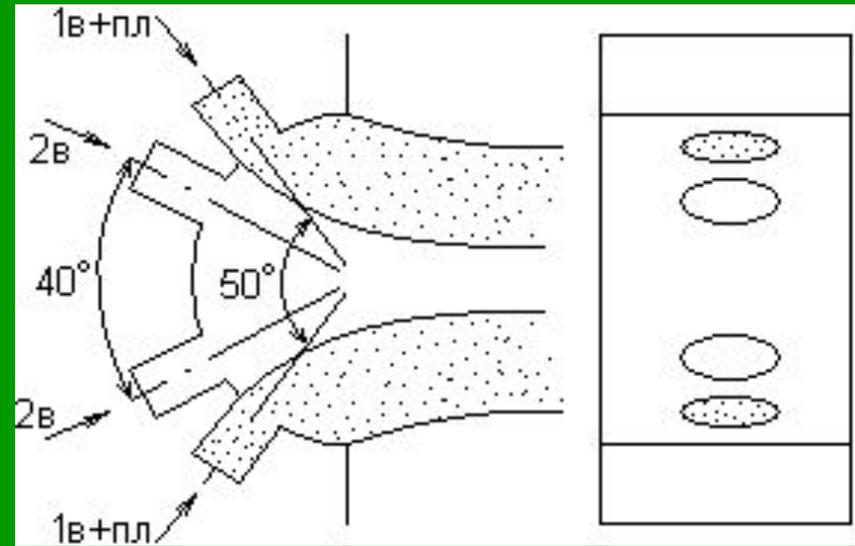


Особенности:

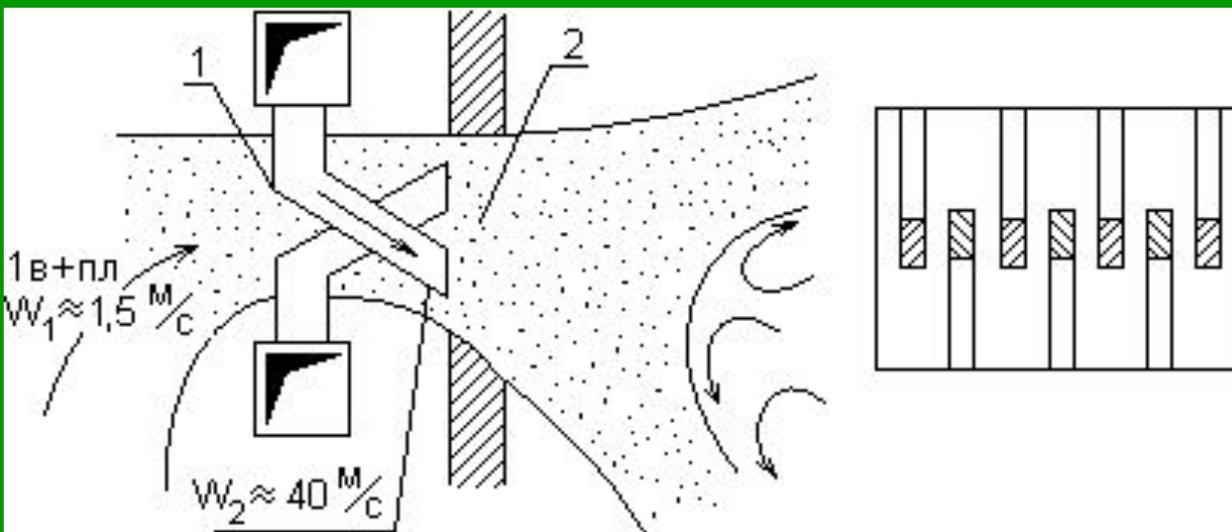
Поворотом сопел вверх/вниз ($\pm 15^\circ$) меняют направление ввода аэросмеси в топку, положение факела и таким образом регулируют температуру на выходе из топки:

$$\vartheta''_T \pm 100^\circ\text{C}$$

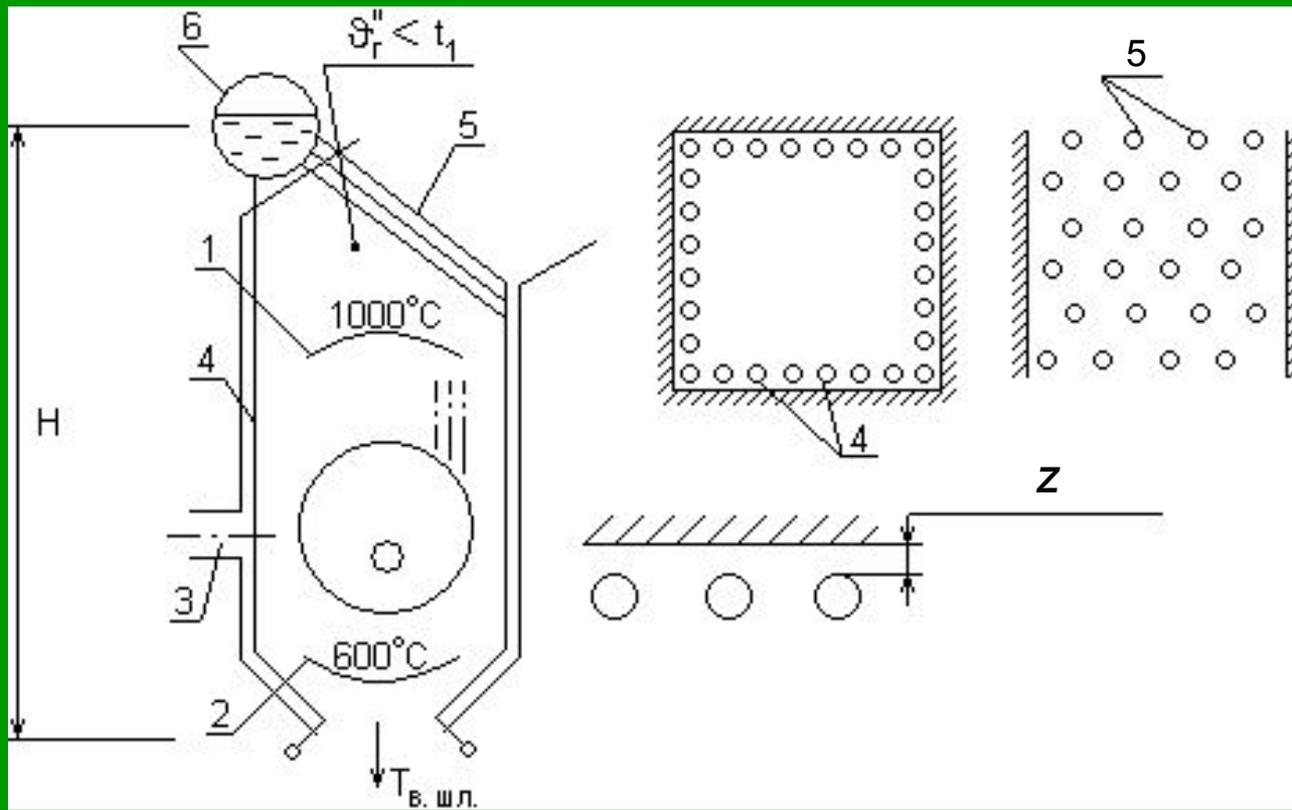
- Плоскофакельная горелка



- Эжекционная горелка – амбразура
(центральный котлотурбинный институт)



• Топка с твердым шлакоудалением



- 1 – топочный объём; 2 – «холодная» воронка;
- 3 – амбразура; 4 – топочные экраны;
- 5 – фестон; 6 – барабан

Особенности:

$t \approx 600^\circ\text{C}$, $d_{\text{н}} = 50\text{-}60$ мм, $H = 10\div 40$ м.

Теплонагрузка экранов $q_{\text{экр}} = 0,1\div 0,3$ МВт/м².

Допустимая температура = $1000\div 1100^\circ\text{C}$.

Выгорание топлива по длине факела неравномерно.

$\beta_{\text{ст}}$ – полнота сгорания.

$l/l_{\text{ф}}$ – относительная длина факела.

Показатели работы: $q_3 = 0,5\%$, $q_4 = 0,5\div 2\%$,
 $q_v = 0,15\div 2$ МВт/м³.

Достоинства:

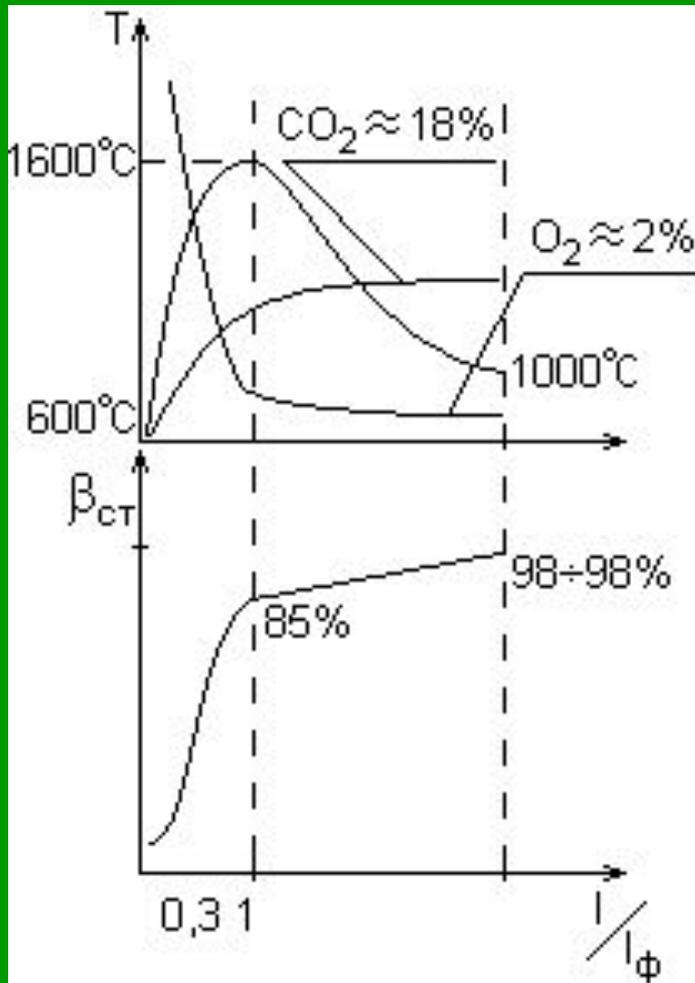
$q_6 \approx 0$ (низкая $a_{\text{шл}}$, низкая $t_{\text{шл}}$).

Недостатки:

1) значительный вынос частиц золы в газоходы 95% и как следствия:

- загрязнение поверхностей нагрева.
- абразивный износ труб.

Применяют при сжигании торфа, БУ и КУ с $V^r > 30\%$.



Позиции:

1 – камера горения, покрытая огнеупорным материалом (в ней сгорает 90% топлива);

2 – горелки;

3 – пережим (за счёт него $a_{\text{шл}} \approx 15\%$);

4 – камера охлаждения

(здесь сгорают оставшиеся 10%);

5 – под;

6 – летка;

7 – шлакоприёмное устройство (ШПУ).

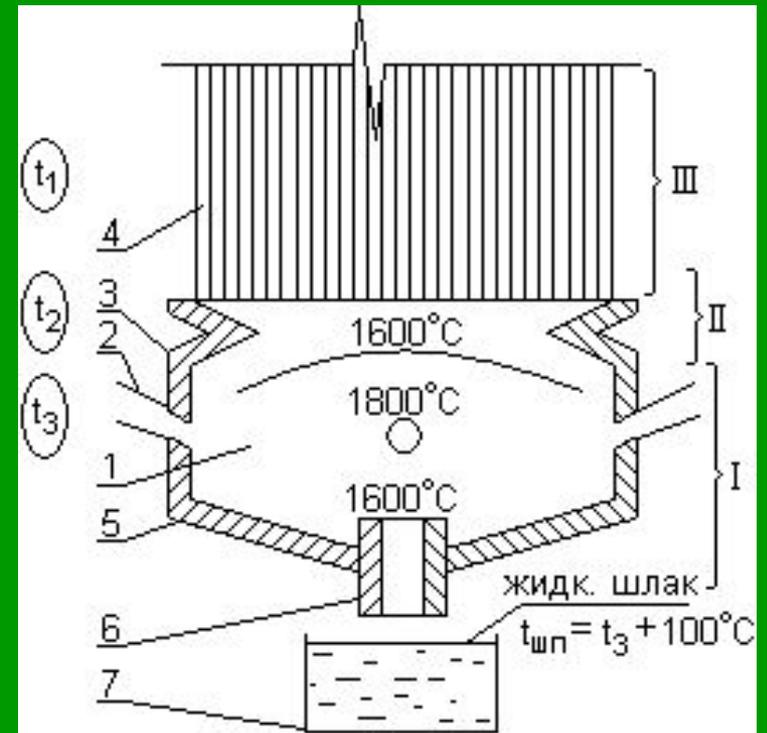
I – зона расплавленного шлака;

II – зона вязкого размягчённого состояния;

III – зона гранулированных частиц.

Показатели работы: $q_3 = 0 \div 0,3\%$, $q_4 = 2 \div 4\%$, $\dot{Q} = 0,2 \div 25 \text{ МВт/м}^3$, $q_6 \approx 1\%$
(высокая $a_{\text{шл}}$ и высокая $t_{\text{шл}}$).

Применяют при сжигании углей с низким выходом летучих веществ ($V^r < 15\%$ напр. Т, АШ)



Жидкотопливные горелки

```
graph TD; A[Жидкотопливные горелки] --> B[Паровые форсунки]; A --> C[Механические центробежные форсунки]; A --> D[Комбинированные];
```

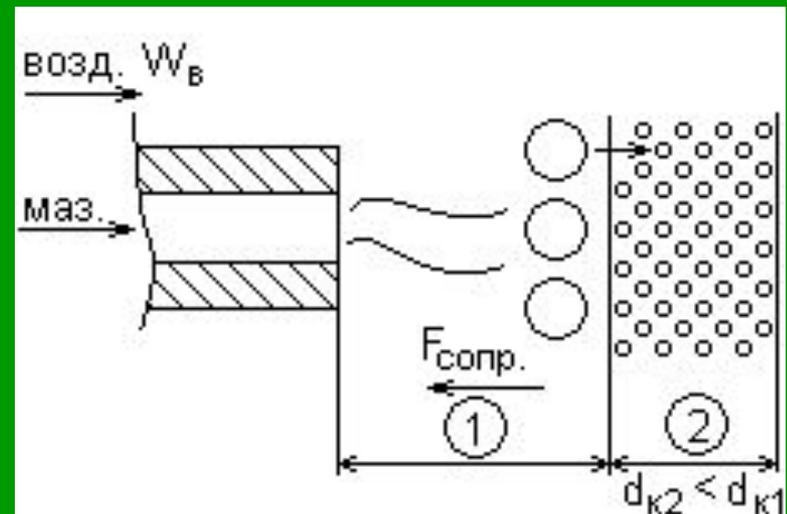
Паровые
форсунки

Механические
центробежные
форсунки

Комбинированные

Организация сжигания жидкого топлива

- Мазут горит в паровой фазе, поэтому скорость горения определяется скоростью испарения топлива.
- Для повышения скорости горения необходимо распыление топлива на мелкие капли < 500 мкм.



Распыление осуществляется форсунками и проводится в две стадии:

1 – распад струи за счёт собственных колебаний на крупные капли, $d_{к1} \sim 1/W_{\text{струи}}$.

2 – дробление крупных капель на мелкие.

$P_{\text{внеш}} = \frac{F_{\text{внутр}}}{S}$ – внешнее давление,

где S – площадь поперечного сечения капли.

$P_{\text{внутр}} = \frac{4\sigma}{d_k}$ – внутренне давление, где σ – поверхностное натяжение капли.

Если $P_{\text{внеш}} > P_{\text{внутр}} \Rightarrow$ происходит дробление капли.

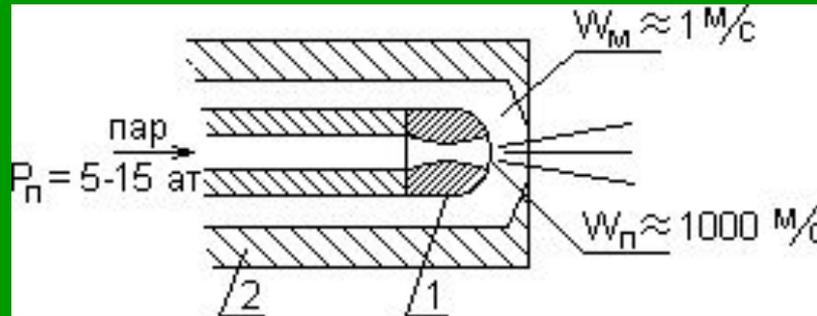
Для уменьшения d_k необходимо:

1) увеличивать $(W_{\text{отн}}) = (W_k - W_b)$.

2) уменьшать поверхностное натяжение нагревом. При кипении $\sigma = 0$.

Паровые форсунки

- 1 – сопло;
2 – корпус.



$$t_m \approx 100^\circ\text{C}, \quad \text{ВУ} \approx 5^\circ, \quad d_k \sim 1/W_{\text{пар}}$$

Достоинства:

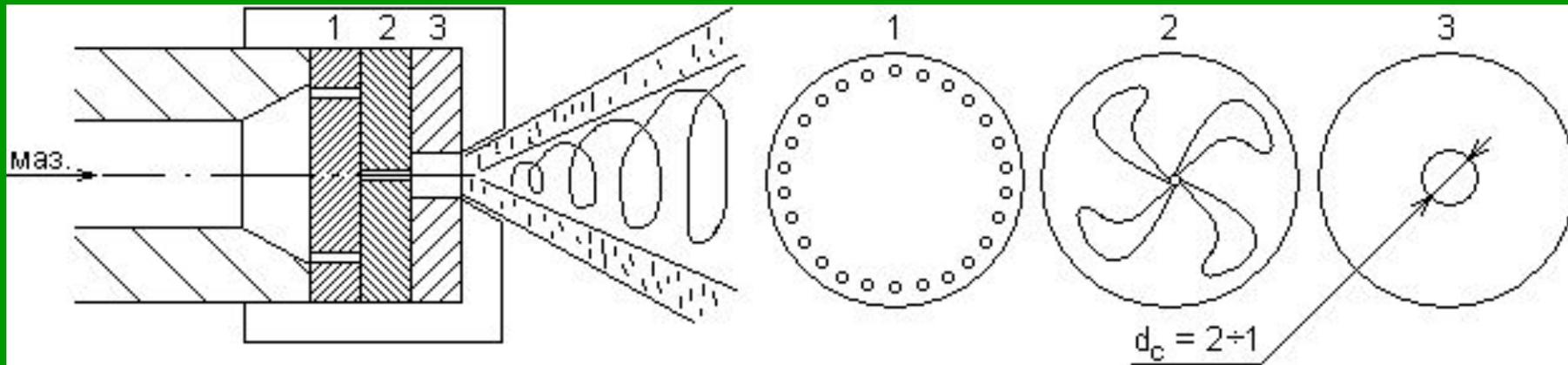
- 1) качественное распыление на мелкие капли;
- 2) широкий диапазон регулирования 25%÷100%.

Недостатки:

- 1) высокий расход пара $\frac{G_{\text{п}}}{G_{\text{к}}} = 0,3 \div 0,4$ кг/кг.
- 2) высокие потери q_2 ($\uparrow V_{\text{H}_2\text{O}}^{B_m}$).

Применяют при растопке пылеугольных топок.

Механические центробежные форсунки



1 – распределитель;

2 – завихритель;

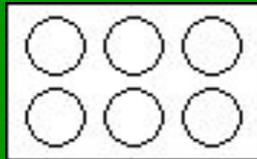
3 – шайба (выходная).

$P_M = 15 \div 35$ ат, $t_M = 120 \div 130^\circ\text{C}$, $ВУ \leq 2,5^\circ$.

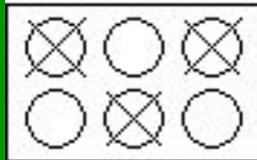
В результате закручивания мазут в топку поступает в виде конической плёнки.

При снижении нагрузки $V_{\phi} = k \cdot \Delta P_{\phi} \rightarrow \downarrow P_{\text{м}}$. При $V < 60\%$ от $V_{\text{ном}}$, когда $P_{\text{м}} < 12$ ат. $\rightarrow \uparrow\uparrow d_{\text{к}}$, то есть заметно возрастает размер капель и в связи с этим возрастают q_3 и q_4 . Поэтому глубокое регулирование нагрузки осуществляется путём отключения части горелок:

$D = 100\%$ – зима.



$D = 50\%$ – лето.



Достоинства:

1) меньше энергозатраты; 2) компактность.

Недостатки:

1) узкий диапазон регулирования $60\% - 100\%$;
2) высокие требования к очистке.

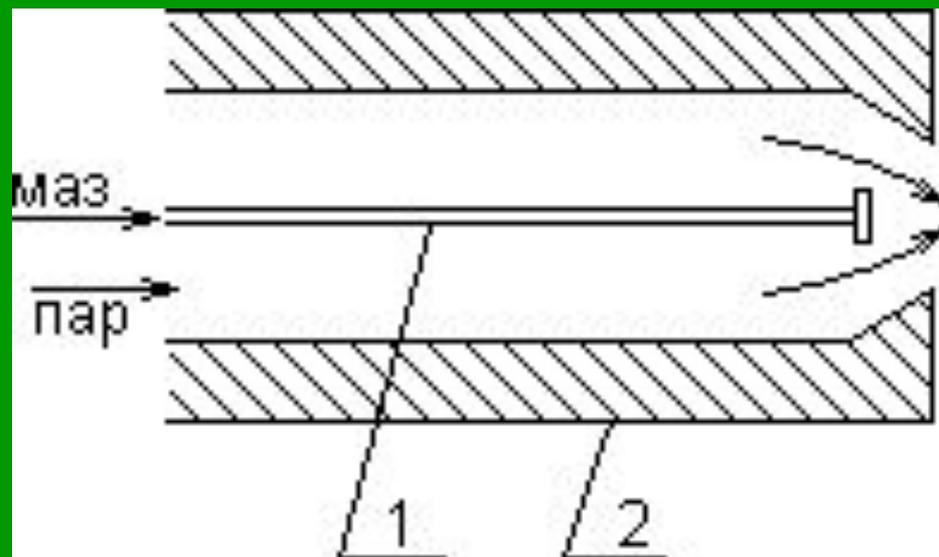
Применяют при постоянном сжигании мазута.

Комбинированные форсунки

1) *Паромеханические.*

1 – механическая форсунка;

2 – корпус.



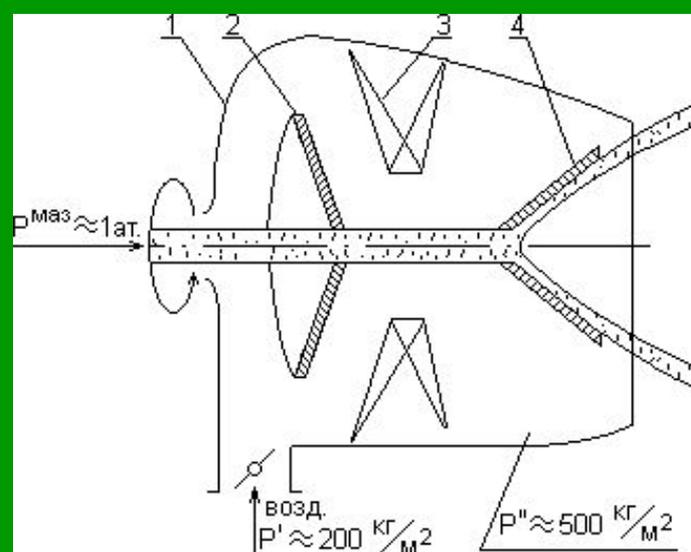
Относительный расход пара 0,05 кг/кг

При $D = 100\%$ – распыл механический (пар не требуется).

При $D < 60\%$ – паровой + механический распылы.

2) Ротационная

- 1 – полый ствол;
- 2 – лопатки вентилятора;
- 3 – лопатки завихрителя;
- 4 – вращающийся конус.



При вращении конуса топливо в топку поступает в виде конической плёнки, которая распадается на капли, превращающиеся в более мелкие под влиянием воздуха.

Достоинства:

- 1) широкий диапазон регулирования (25÷100%);
- 2) нетребовательность к очистке.

Недостатки:

- 1) грубый распыл;
- 2) сложность конструирования и эксплуатации.

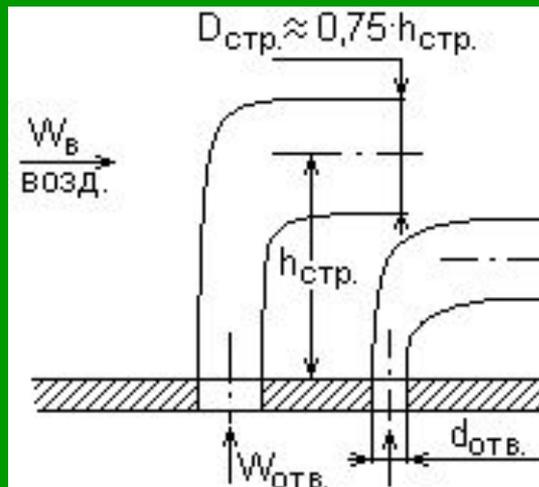
Применяют при сжигании низкосортных топлив.

Организация сжигания природного газа

Подача газа:

- 1) центральная;
- 2) периферийная.

Фрагмент коллектора:



$h_{\text{стр.}}$ – глубина проникновения струи в воздушный поток определяется соотношением динамических напоров топлива и воздуха: .

При $\{\uparrow d_{\text{отв.}}, \uparrow W_{\text{отв.}}, \downarrow W_{\text{в}}\}$ $h_{\text{стр.}}$ растёт.

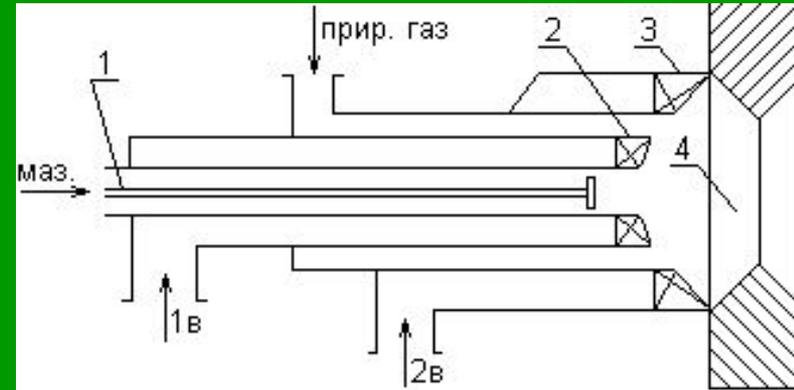
$D_{\text{отв.}}, W_{\text{отв.}}, W_{\text{в}}$ – принимают таким образом, чтобы исключить слияние труб и их касание амбразуры.

Газомазутные горелки

Так как для газа и мазута теоретический объём воздуха $\approx 10 \text{ м}^3/\text{кг}$, а теплота сгорания = $37\div 43 \text{ МДж/кг}$, то в этих горелках возможно раздельное сжигание того или другого топлива.

Горелка ГМГ–М:

- 1 – мазутная форсунка;
- 2 – завихритель первичного воздуха;
- 3 – завихритель вторичного воздуха;
- 4 – биконическая амбразура.



При снижении нагрузки снижаются напоры газа и воздуха:

$$V_{\text{г}} = 200\div 800 \text{ кг/ч}; \quad q_3 = 0,1\div 1\%, \quad q_4 = 0\div 0,2\%.$$

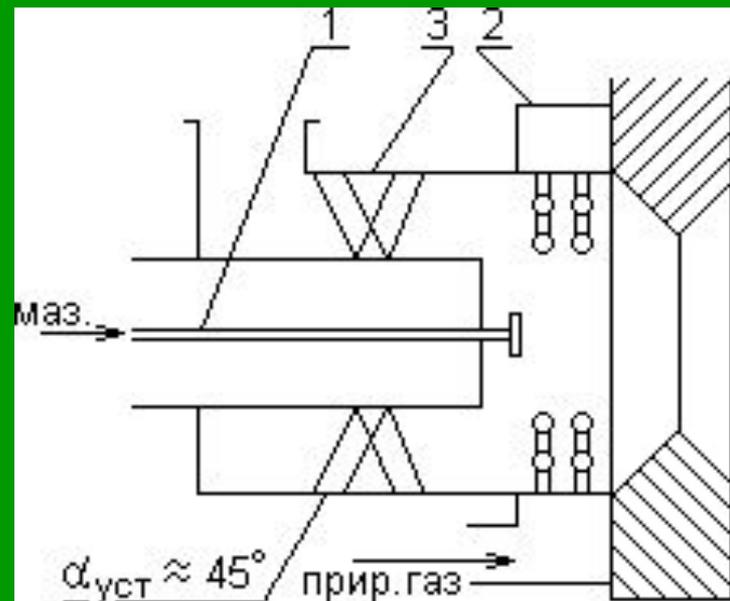
Применяют в котлах малой мощности.

Горелка БКЗ

1 – форсунка;

2 – газораспределительный коллектор;

3 – воздушный регистр.

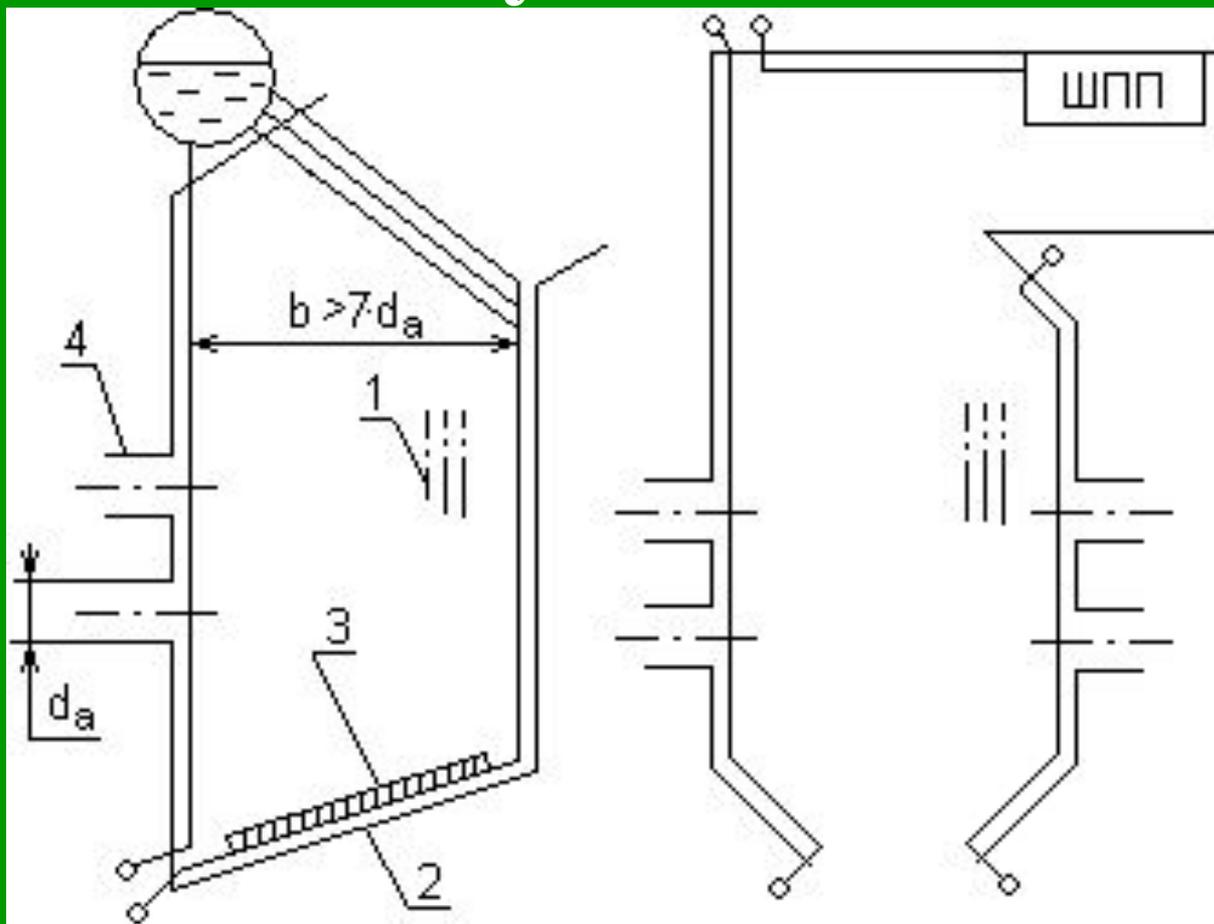


$W_{отв} \approx 80$ м/с, $W_B \approx 40$ м/с,

$d_{отв} = 4 \div 6$ мм, $B_G = 400 \div 1500$ кг/ч.

Применяют в котлах средней мощности.

Газомазутные топки



1 – топочные экраны; 2 – под; 3 – огнеупорное покрытие (для защиты труб от пережога при низкой D); 4 – амбразуры.

Расположение горелок:

- а) фронтальное (смещение факела к заднему экрану и пережог его труб);
- б) встречное (много горелок, поэтому эксплуатировать сложнее).

Основная часть топлива
(~ 95%) сгорает в зоне горелок.

$$q_3 = 0 \div 0,5\%, \quad q_4 = 0\%$$

