

МЕТОДИКА ВЫБОРА РАЗМЕРОВ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ФОРСУНКИ ПО МЕЛКОСТИ РАСПЫЛА ЖИДКОСТИ

(опубликована в научно-производственном сборнике «Энергетика и электрификация» № 5 (83) /сентябрь-октябрь/ 1975 года на русском языке)

Коваль В. П., к.т.н.; Бондаренко В.И., инженер

Размеры центробежной форсунки для топки парогенератора в настоящее время выбирают из условия обеспечения расхода мазута и угла факела при заданном перепаде давления. Диаметр капель не входит в исходные расчетные соотношения и его используют при вычислении времени выгорания капель в топке. В то же время зависимости, полученные на основании исследований гидродинамики центробежной форсунки, позволяют определить оптимальные ее размеры с обеспечением необходимой величины капель и угла факела в заданном диапазоне регулирования расхода.

Для вычисления средневесового диаметра капель d применяем формулу

$$d = \frac{30r}{A^{0,9}B^{0,7}10^{0,7k}} \quad (1)$$

где $A = \frac{\pi r_c R_K}{n f_K}$ – геометрическая характеристика форсунки;

$B = \frac{2\pi R_K h}{m f_K}$ – характеристика входа;

$k = 0,96 \lg \left(\frac{Q}{2\pi h \nu} \frac{m f_K}{R_K^2} \right)$ – коэффициент гидродинамического совершенства форсунки;

Q – объемный секундный расход мазута через форсунку;

ν – кинематический коэффициент вязкости мазута;

m – количество входных каналов;

f_K – площадь входного канала;

r_c – радиус сопла;

R_K – расстояние от оси сопла до оси входного канала;

h – высота камеры закручивания.

Из (1) видно, что при автомодельном движении жидкости в камере закручивания, когда расчетное значение $k > 1,8$ (для мазута), средневесовой диаметр капель не изменяется. Незначительное уменьшение размеров капель, наблюдаемое в экспериментах, обусловлено эффектами вторичного дробления их в топке. На неавтомодельном режиме с $k < 1,8$ изменение диаметра капель d_i в зависимости от расхода Q_i соответствует уравнению, полученному из (1)

$$\frac{d_i}{d} = \left(\frac{Q}{Q_i} \right)^{0,67}, \quad (2)$$

которое удобно использовать для определения диапазона регулирования форсунки по расходу, когда максимально допустимый средневесовой диаметр капель d_i задан.

По средневесовому диаметру капель, пользуясь формулой Розина – Раммлера, рассчитываем фракционный состав распыливаемой жидкости

$$R_j = 100e - \left(\frac{d}{d_i}\right)^m, \quad (3)$$

где $m = 2 \pm 0,5$.

Плотность орошения по радиусу факела предопределяется его внешним углом $2\alpha_c$. При этом поверхность среднего радиуса соответствует ее максимуму.

Для проектирования форсунки задается средневесовой диаметр капель d , внешний угол факела $2\alpha_c$, объемный расход Q , перепад давления ΔP , кинематический коэффициент вязкости ν и плотность жидкости ρ . Диаметр капель d не должен превышать допустимого по условиям полноты сгорания в рабочей зоне топки в заданном диапазоне регулирования расхода.

Размеры форсунки r_c , R_K и площадь входных каналов mf_K выбирается по углу факела 2α и минимальному расходу для заданного диапазона регулирования по методике *, в которой приведены все необходимые для расчетов графики и таблицы. Постольку, кроме угла факела, форсунка должна обеспечить средневесовой диаметр капель, то накладывается ограничения по выбору высоты камеры закручивания. Ее величину вычисляем по формуле, в которой B найдено из (1)

$$h_d = \frac{r_c B}{2 A}, \quad (4)$$

Затем определим высоту h_k , которая соответствует заданному k .

Если $h_k > h_d$ то можно принять высоту в диапазоне $h_k \div h_d$. При этом следует учитывать, что с ее увеличением диаметр капель будет уменьшаться, а область автомоделирования – смещаться в сторону больших расходов (рис. 1).

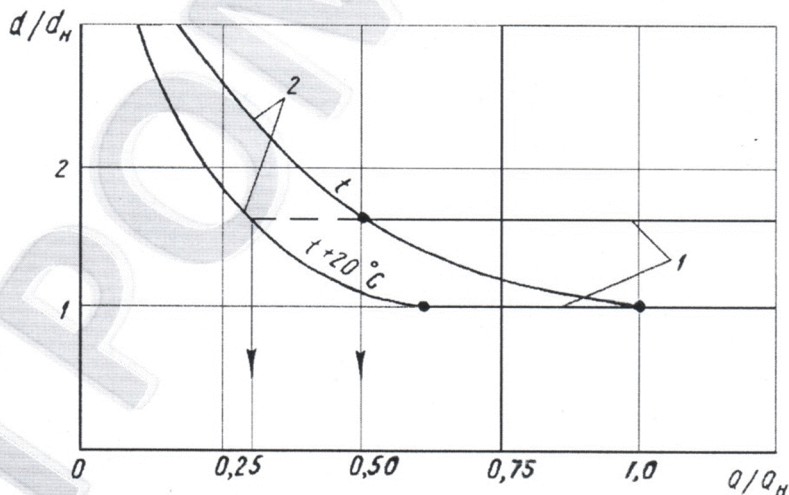


Рис. 1. Изменение средневесового диаметра капель в зависимости от расхода и температуры подогрева жидкости:

1 – автомоделный режим; 2 – режим при $k < 1,8$.

Если $h_k < h_d$ то заданную дисперсность капель и угол факела $2\alpha_c$ в центробежной форсунке обеспечить совместно не представляется возможным и необходимо принимать решение об их изменении. Увеличение h до конструктивно приемлемых величин требует уменьшения вязкости мазута, достигаемого

посредством подогрева. Как видно из рис. 1 нагрев на 20°C для спроектированной форсунки позволяет расширить диапазон регулирования по расходу от 0,5 Q до 0,3 Q .

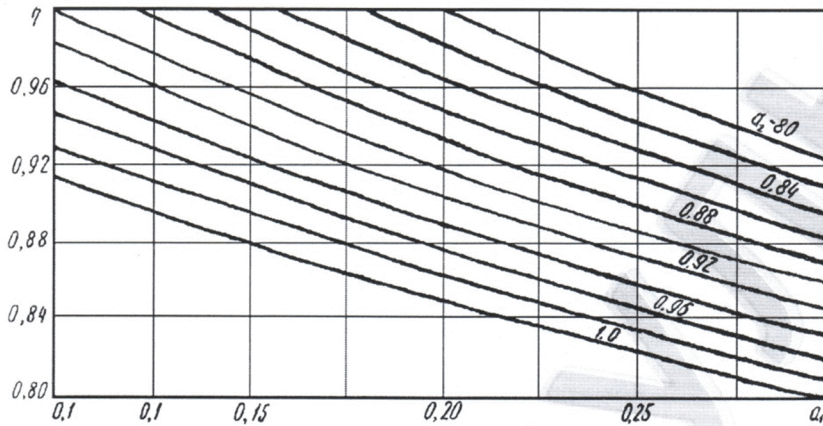


Рис. 2. Изменение коэффициента восстановления скорости в зависимости от a_1 и a_2 .

Надо учитывать, что с увеличением h уменьшается коэффициент восстановления окружной скорости в пристенной зоне $\eta = W_k/W_{вх}$ в следствие потерь на трение о цилиндрическую стенку, увеличиваются коэффициент расхода и размеры капель. Для определения η можно воспользоваться графиком рис. 2, где

$$a_1 = 0,037B \left(\frac{R}{R_k}\right)^2 \left(Re_k \frac{2\pi R}{d_r}\right)^{-0,2}; \quad (5)$$

$$a_2 = \left(1 - \frac{d_{вх}}{2R_k}\right)^{2-k},$$

где $Re_k = \frac{Q}{mf_k} \frac{d_r}{\nu}$ – число Рейнольдса для входного канала;

$d_r = \frac{4f_k}{\pi}$ – гидравлический диаметр входного канала;

π – периметр входного канала;

$d_{вх}$ – диаметр круглого или ширина прямоугольного входного канала;

R – радиус камеры закручивания.

По значению η необходимо уточнить геометрическую характеристику форсунки

$$A = A_k \frac{f_t}{\eta}, \quad (6)$$

а затем площадь входных каналов mf_k .

Уменьшение высоты камеры закручивания приводит к возрастанию потерь на трение о торцевые стенки и к снижению коэффициента расхода. Величину потерь на трение определяем по формуле

$$\xi_A = \varphi \left(\frac{r_c}{h} \right)^2 \frac{1}{\sqrt{R}} , \quad (7)$$

Где коэффициент φ зависит от отношения $\frac{r_c}{R_k}$, как показано на рис. 3.

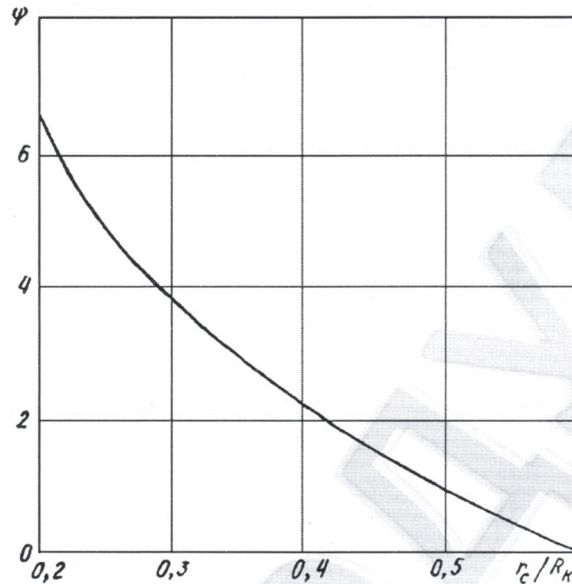


Рис. 3. Изменение ψ в зависимости от $\frac{r_c}{R_k}$.

После выбора высоты камеры закручивания и уточнения mf_k рассчитываем коэффициент расхода μ_0 с учетом потерь на трение, определяемых по формуле (7). Если отличается μ_0 от первоначального значения коэффициента расхода более 3%, то необходимо производить уточнение размеров по фактической его величине.

Предложенная методика проверена расчетами и экспериментальными испытаниями спроектированных форсунок. С учетом требований, которые предъявляются к форсункам – обеспечение заданного размера капель и угла факела распыла, диапазона регулирования 100 ÷ 30% по расходу – данная методика рекомендуется к применению на практике.

*Коваль В.П., Бондаренко В.И. Методика выбора размеров центробежной форсунки по углу конуса распыла жидкости, ж. «Теплоэнергетика», № 1, 1975.