

$$L = 8,2 \gamma \sqrt{\frac{\gamma}{\rho}},$$

где  $\rho$  - диаметр выходного отверстия генератора вихрей.

Требуемую частоту  $n$  генерирования вихрей можно рассчитать, зная метановыделение в выработку  $\gamma$  и массу кольцевого вихря. Последняя определялась в соответствии с исследованиями института Гидродинамики СО АН СССР. В результате получена формула

$$n = \frac{100\gamma}{8\pi \rho^3 c_0} \quad 1/\text{мин},$$

где  $\gamma$  измеряется в  $\text{м}^3/\text{мин}$ ,  $\rho$  - в м,  $c_0$  - допустимая концентрация метана в скоплениях - в %.

Например, при метановыделении  $0,5 \text{ м}^3/\text{мин}$  для ликвидации его скоплений необходимо генерировать (при диаметре выходного отверстия генератора  $0,25 \text{ м}$ )  $64$  вихря в минуту.

В настоящее время в ВостНИИ продолжаются исследования, направленные на практическое использование указанного эффекта для повышения надежности проветривания горных выработок угольных шахт.

УДК 536.46+662.61

Ю.А.Спиридонов, Ф.З.Тинчурин, Ю.Я.Галицкий

### ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СМЕСЕОБРАЗОВАНИЯ ВИХРЕВОЙ КАМЕРЫ

П р и н я т ы е о б о з н а ч е н и я

$\theta = T_r - T_b / T_r - T_{cp}$  - качество смесеобразования;  $T$  - температура;  
 $\bar{h} = 2h/d_k$  - относительная глубина проникновения;  $h$  - глубина проникновения;  $d$  - диаметр;  $\bar{S} = S/d_3$  - относительный шаг между отверстиями;  $S$  - шаг между отверстиями;  $d_3 = d_c \sqrt{\mu} \sqrt{n}$  - эквивалентный диаметр;  $\mu$  - коэффициент расхода;  $n$  - число поясов отверстий;  $\bar{d} = d_3/d_k$  - относительный диаметр отверстий;  $\alpha$  - истинный угол истечения струи;  $\alpha^*$  - геометрический угол;  $\bar{\delta} = \delta/d_c$  - относительная толщина;  $\delta$  - толщина стенки;  $\bar{\Delta} = \Delta/d_3$  - относительный шаг между поясами отверстий;  $\Delta$  - шаг между поясами отверстий;  $\bar{H} = \frac{h - \bar{h}_2}{\bar{h}_3 - \bar{h}_2}$  - комплекс глубин проникновения;  $\bar{x} = x/d_k$ ;  
 $x$  - абсцисса;  $\bar{x}_n = \frac{\bar{x} - \bar{x}_{np}}{\bar{x}_n - \bar{x}_{np}}$ ,  $\bar{x}_q = \frac{\bar{x} - \bar{x}_{nq}}{\bar{x}_q - \bar{x}_{nq}}$  - относительные длины

камеры смешения;  $\bar{b} = 2b/d_k$  - относительная высота механического экрана;  $b$  - высота механического экрана;  $\bar{G} = G_r / (G_g + G_r)$  - относительный расход;  $G$  - массовый расход;  $\xi$  - коэффициент гидравлического сопротивления;  $F$  - площадь.

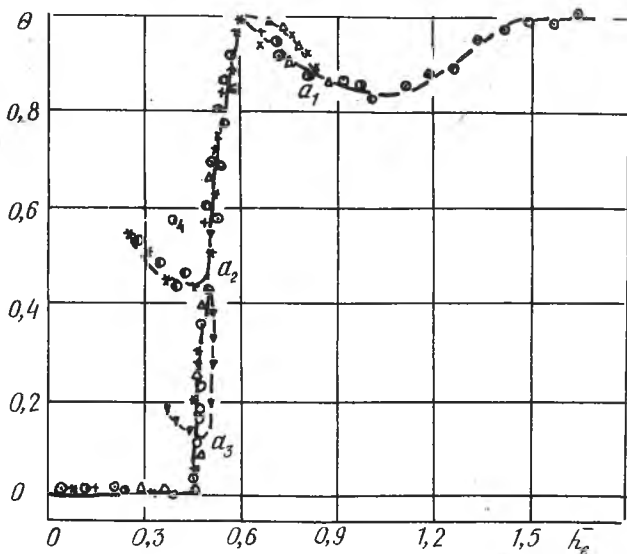
### И н д е к с ы

$г$  - горячий газ (сносящий поток);  $б$  - холодный воздух (поперечные струи);  $0$  - ось канала;  $ср$  - среднемассовая;  $к$  - канал;  $с$  - отверстие;  $э$  - эквивалентный;  $2$  - ограничение по трубке струи;  $3$  - "особая точка";  $д$  - дискретность;  $н$  - потребный;  $г$  - по нормали к стенке канала;  $т$  - при  $\bar{h} = 0,6$ ;  $о$  - при  $\alpha = 0^\circ$ ,  $\bar{b} = 0$ ,  $\bar{d} = 0$ ,  $n = I$  соответственно;  $H$  - ядро потока на оси и периферии канала соответственно;  $I$  - низконапорная магистраль;  $II$  - высоконапорная магистраль;  $III$  - смесь;  $*$  - геометрический.

Известно, что большинство энерготехнологических процессов развиваются по диффузионной или достаточно близкой к ней схеме, а интенсивные характеристики устройств, реализующих такие процессы, определяются интенсивностью смешения.

Среди различных способов смешения, пожалуй, наиболее эффективный - на поперечных струях. Опыт эксплуатации устройств с радиальной подачей струй показал, что самый существенный недостаток этого способа - нестабильность характеристик для объектов одной серии. Исследования, проведенные в [1, 2], показали, что устранение указанного недостатка принципиально возможно в схеме хордальной (тангенциальной) подачи струй. Установлено, что зависимость  $\theta(\bar{h}_r)$  универсальна, а оптимальное значение угла закрутки  $\alpha = 23^\circ$ . Некоторые результаты работы [2] получили экспериментальное подтверждение в [3] для  $\bar{S} \geq 9,55$ .

Цель данной работы - обобщение результатов экспериментальных исследований характеристик смесеобразования при хордальной подаче струй. На рис. 1 показано, что при  $\bar{S} = 3,92$ ,  $\bar{d} = 0, I$  влияние геометрических и режимных параметров может быть обобщено по  $\bar{h}_r$  (экспериментальные данные позаимствованы из [4]  $\alpha = 0-30^\circ$ ,  $\delta = 0,35-2$ ). Установлено, что вне области ограничения по рециркуляционному течению, косому удару струи о стенку и эжекционной способности активной струи [2] характеристика  $\theta(\bar{h}_r)$  яв-



Р и с. 1. Обобщенная характеристика качества смешения

ляется частным случаем  $\theta(\bar{h})$ , т.е. радиальной. Установлено, что при  $\bar{\sigma} \geq 1,40$   $\alpha = \alpha^*$ .

Исследование  $\theta(\bar{h}_T)$  при подаче струй в несколько поясов ( $\alpha \neq 0$ ;  $n = 2,0-4,0$ ;  $\bar{D} = 1,25-3,0$ ) позволило установить, что результаты могут быть обобщены по  $\bar{d}_3$ .

Результаты исследований при  $\bar{S} = V_{ar}$ ,  $\bar{d} = V_{ar}$  в области эпюр типа А при отсутствии указанных выше ограничений обобщены зависимостью вида  $\theta = 1 - \bar{H}^{2/3}$ . Установлено, что при  $\bar{S} = V_{ar}$ ,  $\bar{d} = V_{ar}$  оптимальное значение  $\alpha$  равно  $23^\circ$  (проверено при  $\bar{S} \geq 2,77$ ). Полученные результаты подтверждают справедливость изложенных в [2, 5] положений.

Приведенные выше результаты справедливы при отсутствии ограничений по дискретности  $\bar{x} > \bar{x}_g$  и потребной длине  $\bar{x} > \bar{x}_n$ . Дополнительными исследованиями установлено, что зависимости  $\bar{x}_g(\bar{h}_T)$  и  $\bar{x}_n(\bar{h}_T)$  универсальны при изменении геометрических и режимных параметров камеры смешения и могут быть описаны соотношениями вида

$$\bar{X}_q = \bar{X}_{gm} (0,6/\bar{h}_\tau)^{(\bar{h}_\tau/0,6)^{0,5}}; \quad \bar{X}_n = \bar{X}_{nm} - 2,50(\bar{h}_\tau - 0,60).$$

Влияние геометрических параметров камеры смешения ( $\bar{d}, \bar{S}, \alpha, \bar{b}, \bar{\Delta}, n$ ) на  $\bar{X}_{gm}$  и  $\bar{X}_{nm}$  были обобщены зависимостями:

$$\bar{X}_{gm} = 3,0[1 - 0,55(\bar{d} \cdot 10^2)](\bar{d} \bar{S})^{0,5}; \quad \bar{X}_{nm} = 0,35[1 + 1,125(\bar{d} \cdot 10^2)^{0,5}][1 + 2,5(\bar{d} \bar{S})^3];$$

$$\bar{X}_{gm} = \bar{X}_{gm}^0 [1 - 0,35(\alpha/23)^{0,5}]; \quad \bar{X}_{nm} = \bar{X}_{nm}^0 [1 - 0,125(\alpha/23)^{0,5}];$$

$$\bar{X}_{gm} = \bar{X}_{gm}^0 [1 + 0,5 \bar{b}]; \quad \bar{X}_{nm} = \bar{X}_{nm}^0 [1 + 1,5 \bar{b}];$$

$$\bar{X}_{gm} = \bar{X}_{gm}^0 [1 + 0,01 \bar{\Delta}^2]; \quad \bar{X}_{nm} = \bar{X}_{nm}^0 [1 + 0,01 \bar{\Delta}^2];$$

$$\bar{X}_{gm} = \bar{X}_{gm}^0 [1 + 0,02(n-1)^2]; \quad \bar{X}_{nm} = \bar{X}_{nm}^0 [1 + 0,02(n-1)^2].$$

Результаты исследования изменения качества смешения при  $\bar{X} < \bar{X}_q$  и  $\bar{X} < \bar{X}_n$  обобщены следующими зависимостями:

$$\theta = 1 - (1 - \bar{X}_q)^2; \quad \theta = \exp(-0,1/\bar{X}_n \sqrt[3]{\bar{X}_n}).$$

При сравнении устройств, реализующих различные способы смешения, каждый раз возникает вопрос о потери эксергии. Исследования, выполненные традиционным способом [6], позволили получить выражения для коэффициентов гидравлического сопротивления низко- и высоконапорной магистралей, а также для смеси в целом:

$$\xi_I = 1 - (1 - \bar{G})^2 / [(1 - \bar{G}) + T_{II} / T_I \bar{G}];$$

$$\xi_{II} = 1 + 2(1 - \bar{G})^2 / [(1 - \bar{G}) + T_{II} / T_I \bar{G}] + \bar{G}^2 / [\bar{G} + (1 - \bar{G}) T_I / T_{II}]; \quad (F_{III} / F_{II})^2;$$

$$\xi_{III} = \xi_I (1 - \bar{G}) / [(1 - \bar{G}) + T_{II} / T_I \bar{G}] + \xi_{II} \bar{G} / [(1 - \bar{G}) T_I / T_{II} + \bar{G}].$$

Сравнение радиальной и хордальной ( $\alpha = 23^\circ$ ) подач струй при  $\theta = \text{Const}$ ,  $\bar{G} = \text{Const}$  показало, что при хордальной подаче  $\xi_{III}$  в 5-6 раз больше, а потребная длина зоны смешения на 10-15% меньше.

#### Л и т е р а т у р а

1. С п и р и д о н о в Ю.А. и др. Исследование характеристик вторичной зоны при смешении струй в боковом сносящем потоке. - Теплоэнергетика, 1976, № 4.
2. С п и р и д о н о в Ю.А. и др. К расчету характеристик смесеобразования системы тангенциальных струй в ограниченном потоке. - Деп.рукопись № Д-352, Информэнерго, 1976.

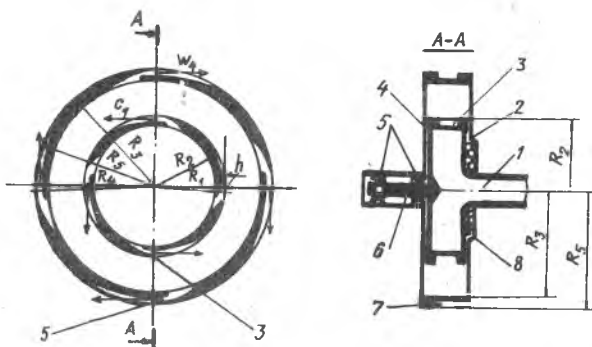
3. Т а л а н т о в А.В. и др. Некоторые особенности смесеобразования системы хордальных струй. - Изв. вузов СССР.Авиационная техника, 1977, № 1.
4. С п и р и д о н о в Ю.А. и др. Смешение хордальных струй. - Деп. рукопись № 25, Информэнергомаш, 1979.
5. С п и р и д о н о в Ю.А. К расчету теплоэнергетических устройств, реализующих способ смешения на хордальных струях. - Изв. вузов СССР. Энергетика, 1978, № 6.
6. И д е л ь ч и к И.Е. Гидравлические сопротивления. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1967.

УДК 621.541:662.951

В.П.Мартинайтис

### ОСОБЕННОСТИ И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СОПЛОВОЙ МИКРОТУРБИНЫ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

В настоящей статье рассматривается центробежная сопловая микротурбина (МТ) малой мощности. Конструктивные, газодинамические и режимные (перепады давления - до 10 кПа) особенности таких МТ требуют теоретического и экспериментального исследования.



Р и с. 1. Схема центробежной сопловой микротурбины: 1 - газоподводящий патрубок; 2 - направляющий аппарат турбины (НА); 3 - сопла НА; 4 - рабочее колесо турбины (РК); 5 - подшипниковый узел; 6 - ось; 7 - сопла РК; 8 - лабиринтовое уплотнение (ЛУ)