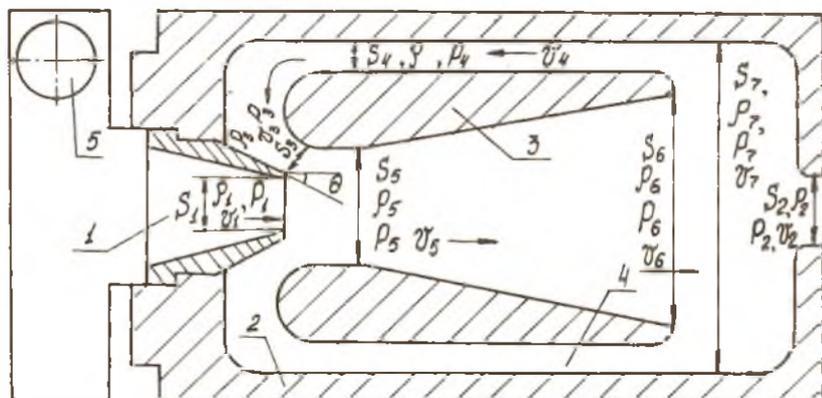


СРАВНЕНИЕ СХЕМ РЕЦИРКУЛЯЦИИ ВИХРЕВОГО И ЛИНЕЙНОГО ПОТОКОВ  
В КОАКСИАЛЬНОМ ОСЕСИММЕТРИЧНОМ КАНАЛЕ

При конструировании промышленных установок тепло- и массообмена различного назначения актуальной является проблема обеспечения регулируемых режимов рециркуляции газовых потоков в технологических объемах различной геометрической формы. Для создания рециркуляционных течений, как правило, применяется различного рода турбулизаторы потока неудобнообтекаемой формы, либо используется внезапное расширение потока [1]. Подобного рода системы рециркуляции потока просты в изготовлении и эксплуатации, однако создают значительное гидравлическое сопротивление потоку.

В работе проведено сравнение рециркуляционных течений, возникающих при истечении линейного и предварительно закрученных активных газовых потоков из эжектирующего сопла 1 в цилиндрический канал 2, внутри которого коаксиально соплу установлено осесимметричное полое тело вращения 3, продольное сечение которого представляет собой симметрично расположенные крыловые профили, образующие конфузор, камеру смещения и диффузорный участок газового эжектора с обратной связью (рис.). При таком выборе геометрии проточной части



Р и с. Схема эжектора с обратной связью

осесимметричного канала собственно рециркуляция потока осуществляется в кольцевом канале 4, образованном внутренней поверхностью осесимметричного цилиндрического канала и наружной поверхностью осесимметричного тела вращения. Для формирования активного эжектирующего потока вихревой структуры в экспериментах использовался предварительный односоловой завихритель 5, а поток линейной структуры получался непосредственным подводом газа - сжатый воздух из магистрали к активному соплу.

При аналитическом исследовании режима рециркуляции потока газа линейной структуры в качестве системы уравнений, описывающей работу устройства, использовалась система уравнений для струйного газового эжектора [2,3], дополненная уравнениями связи, учитывающими характер переброса потока с выхода на вход эжектора. В приближении идеального сжимаемого газа было получено, что при выполнении условия  $S_4 \approx S_3$  и  $S_2 \approx S_1$  приближение идеального сжимаемого газа может быть заменено приближением идеальной несжимаемой жидкости, позволяющим произвести оптимизацию конструкции по углу подвода эжектируемого потока  $\theta$ .

Для случая  $\rho = const$  и  $\theta \neq 0^\circ$  система уравнений эжектора с обратной связью имеет вид

$$\rho v_i S_i = \rho v_{i+1} S_{i+1}; \quad i=1, \quad (1)$$

$$\rho v_i S_i = \rho v_{i+1} S_{i+1}; \quad i=3, \quad (2)$$

$$\rho v_i S_i = \rho v_{i+1} S_{i+1}; \quad i=5, \quad (3)$$

$$\rho v_1 S_1 + \rho v_3 S_3 = \rho v_5 S_5, \quad (4)$$

$$P_i + \rho v_i^2 / 2 = P_{i+1} + \rho v_{i+1}^2 / 2; \quad i=3,5, \quad (5)$$

$$P_i + \rho v_i^2 / 2 = P_{i+1} + \rho v_{i+1}^2 / 2; \quad i=5, \quad (6)$$

$$P_2 + \rho v_2^2 / 2 = P_6 + \rho v_6^2 / 2, \quad (7)$$

$$P_4 + \rho V_4^2/2 = P_3 + \rho V_6^2/2, \quad (8)$$

$$P_3 = P_1, \quad (9)$$

$$P_1 S_1 + \rho V_1^2 S_1 + \rho V_3^2 S_3 \cos \theta + P_3 (S_5 - S_1) = P_5 S_5 + \rho V_5^2 S_5. \quad (10)$$

При известных значениях величин  $V_1$  и  $P_1$  решение системы уравнений (I-IC) имеет вид

$$V_3 = \frac{-S_1 S_3 + \sqrt{S_1^2 S_3^2 + (2S_1 S_5 - S_1^2)(S_5^2 - 2S_3 S_5 \cos \theta + S_3^2)}}{S_5^2 + S_3^2 - 2S_3 S_5 \cos \theta} V_1. \quad (11)$$

Из уравнения (II) следует, что

$$K_{\text{pec.}} = G_{\text{ГАЗА}}^{\text{PEC.}} / G_{\text{ГАЗА}}^{\text{AKT}} = \rho V_3 S_3 / \rho V_1 S_1; \quad \theta^{\text{extr}} = 0^\circ$$

$$\text{При } \theta = 0^\circ \quad K_{\text{pec. max}} = S_3/S_1 = (S_5 - S_1)/S_1. \quad (12)$$

С учетом гидравлических потерь [4] выражение для коэффициента рециркуляции будет иметь вид

$$K_{\text{pec.}} = \left[ \frac{2}{\gamma S_1} - 1 \right] / \left[ 1 + \sqrt{1 + \lambda (S_5 - 2S_3 \cos \theta + \gamma S_3^2)} \right], \quad (13)$$

где  $\gamma$  - коэффициент, учитывающий потери на внезапное расширение, а

$$\lambda = (2 - \gamma S_1) / \gamma^2 S_1 S_3^2. \quad (14)$$

При отсутствии гидравлических потерь  $\gamma = \gamma_{\text{min}} = 1/S_5$ ;  $\gamma = \gamma_{\text{max}}$  для случая внезапного расширения потока на входе в диффузорный участок тела вращения и на выходе из диффузора

$$\gamma_{\text{max}} = \left[ \frac{1}{S_5^2} + \frac{1}{S_7^2} + \frac{(S_7 - S_6)^2}{S_7^2 \cdot S_6^2} + \frac{(S_6 - S_5)^2}{S_6^2 S_5^2} \right] S_5. \quad (15)$$

Экспериментальная проверка полученных теоретических зависимостей  $K_{рец}$  от величины характерных проходных сечений  $S_i$  показала, что для потока линейной структуры (при выполнении условия  $S_4 \geq S_3$ ;  $S_2 \approx S_1$ ) величина  $K_{рец.эксп}$  лежит в интервале значений  $K_{рец.теор}$ , соответствующих случаю минимума и случаю максимума гидравлических потерь как для режимов "косого" подвода эжектируемого потока ( $\theta \neq 0^\circ$ ), так и для режимов параллельных струй ( $\theta = 0^\circ$ ).

Результаты исследования режимов рециркуляции линейного и предварительно закрученного потоков при различных рабочих давлениях приведены в таблице.

Абсолютное давление воздуха в подающей магистрали, МПа	Величина $K_{рец.(1)}$ для закрученного потока при значении $\xi_0 = 3,41$	Величина $K_{рец.(1)}$ для линейного потока при значении $\xi = 3,34$	Величина $K_{рец.(1)}' = \frac{K_{рец.(1)}}{\xi_1}$
0,40	2,624	2,0	2,043
0,35	2,746	2,03	2,073
0,30	2,447	1,96	2,00

Примечание: Расчет значений параметра  $\xi = (S_5 - S_1)/S_1$  - по математическим ожиданиям величин проходных сечений  $S_i$ ;  $K_{рец}$  - эксперимент.

Анализ экспериментальных результатов показал, что с использованием предварительно закрученного потока величина коэффициента рециркуляции возрастает на 15-30 %, превосходя результаты для случая использования эжектирующего потока линейной структуры даже с учетом разницы в значениях параметра.

Эффект повышения величины коэффициента рециркуляции при вихревой структуре эжектирующего потока качественно можно объяснить [5] возрастанием осевой компоненты скорости газа на периферии активного потока за счет уменьшения эффективной площади проходного сечения эжектирующего сопла, что приводит к возрастанию скорости эжектируемого потока на входе в камеру смешения эжектора.

#### Библиографический список

1. Пчелкин Ю.М. Камеры сгорания газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение, 1984.-280 с

2. Христианович С.А. Механика сплошной среды. М.:Наука, 1981.- 483 с.
3. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции. М.:Госстройиздат, 1964.- 272 с.
4. Повх И.Л. Техническая гидромеханика. Л.:Машиностроение, 1976.-502 с.
5. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. М.:Машиностроение, 1969.-183 с.

УДК 532.628.84

А.П.Ожогин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАЛЬНОБОЙНОСТИ СТРУИ ВИХРЕВОГО  
ЭНЕРГОРАЗДЕЛИТЕЛЯ ПРИ ПРОВЕТРИВАНИИ ЗОН КАРЬЕРА

Принятые обозначения:  $Z$  - дальнобойность струи вихревого энергоразделителя;  $U_H$  - скорость исходящего нагретого потока из вихревого энергоразделителя;  $U_a$  - скорость движения атмосферного потока воздуха;  $P_B$  - барометрическое давление;  $P_c$  - давление сжатого воздуха на выходе ВТ;  $M_0$  - коэффициент динамической вязкости;  $C_p$  - удельная теплоемкость воздуха;  $g$  - ускорение силы тяжести;  $\lambda$  - коэффициент теплопроводности,  $grad^\circ T$  - температурный градиент, характеризующий обратный поток;  $S$  - площадь поперечного сечения струи воздушного потока;  $P_r$  - критерий Прандтля, характеризующий воздействие вязкости и теплопроводности газа;  $Re$  - критерий Рейнольдса, характеризующий относительную величину воздействия сжимаемости на течение газа;  $Pr$  - критерий отношений давления сжатого воздуха к барометрическому;  $F_{0d}$  - критерий дальнобойности струи.

И н д е к с ы:

$H$  - нагретый поток;  $a$  - атмосферный поток воздуха;  $\delta$  - барометрическое давление;  $x, y, i$  - неизвестные показатели степеней, входящие в факторы; I-8 - числа переменных факторов.

Интенсификация и углубление горных работ связаны с острой проблемой нормализации атмосферы в целом по карьере и, особенно, при низких температурах окружающего воздуха в застойных забойных зонах. Удаление вредных примесей из забойного пространства карье-