

Список литературы

1. Бабиюк Г.В., Смекалин Е.С., Ходыревский Г.В. Оценка эффективности горнопроходческих работ / Г.В. Бабиюк, Е.С. Смекалин, Г.В. Ходыревский // Уголь Украины, 2001. - №5. - С. 6-9.
2. А.Г. Лаптев. Перспективы развития горной промышленности на базе технического перевооружения шахт / Лаптев А.Г. // Уголь Украины, 2002. - № 2-3. - С. 10-14.
3. Кудлай Р.А., Мезников А.В., Стадник Н.И. Блок регистрации произошедших событий на проходческом комбайне / Р.А. Кудлай, А.В. Мезников, Н.И. Стадник. // Решение научно-технических проблем при создании и внедрении современного горно-шахтного оборудования. - Донецк, 2008. - С. 647-660.
4. Влияние кинематических изменений заднего и переднего улов поворотного реза на формирование усилия подачи / Д.А. Семенченко // Наукові праці ДонДТУ. Сер. Гірничо-електромеханічна. - Донецьк, 2001. - Вип. 27. - С. 340-344.
5. Мизин В.А. Экспериментальные исследования нагруженности системы подвески исполнительного органа проходческого комбайна КПД / В.А. Мизин // Наукові праці ДонНТУ. Сер. Гірничо-електромеханічна. - Донецьк, 2006. - Вип. 113. - С. 192-198.

Рукопись поступила в редакцию

УДК 622.281.283

В.А. ТРЕГУБОВ, д-р техн. наук, проф., О.В. ЗАМЫЦКИЙ, д-р техн. наук, доцент,
А.Ю. КРИВЕНКО, канд техн. наук, доц., Криворожский национальный университет

ВЫБОР ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАДИАЛЬНО-КРУГОВОГО СОПЛА НАБРЫЗГБЕТОННОЙ МАШИНЫ

Получены зависимости позволяющие определить рациональные геометрические параметры радиально-кругового соплового аппарата набрызгбетонной машины.

Существенной мерой повышения механизации и снижения доли ручного труда при проведении горных работ является применение радиально-кругового сопла набрызгбетонной машины предназначенного для крепления восстающих выработок [1].

Основные процессы, протекающие в таком сопле, достаточно полно исследованы в работах [2,3], в тоже время в настоящее время, недостаточно изучен вопрос выбора рациональных геометрических параметров данного устройства, что и является целью данной работы.

Радиально-круговое сопло (рис. 1), имеет расширяющийся проточный канал сложной пространственной конфигурации. Для удобства последующего анализа этот канал заменим эквивалентной схемой в виде прямолинейного диффузора (рис. 2).

Известно, что для обеспечения плавного расширения потока без полного по всей длине отрыва его от стенок канала диффузора с образованием зон застоя необходимо выполнение условия $\alpha \leq 20^\circ$, где α - боковой угол диффузора [4], невыполнение этого условия приводит к резкому возрастанию аэродинамического сопротивления устройства.

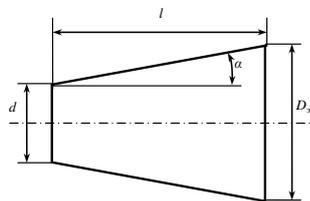


Рис. 1. Схема проточного канала радиально-кругового сопла

В соответствии с этим требованием и должна выбираться геометрия проточного канала сопла.

Проточный канал радиально-кругового сопла (см. рис. 1) имеет два характерных участка: поворотный, плавно изменяющий движение потока с вертикального на горизонтальный и плоско-прямолинейный, направляющий поток на стенку восстающей выработки.

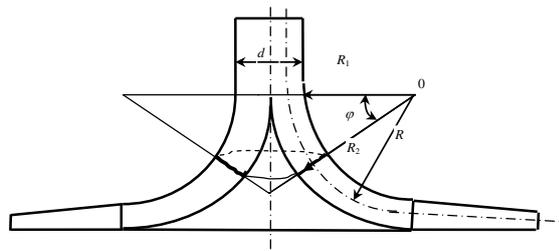


Рис. 2. Эквивалентная схема замещения проточного канала радиально-кругового сопла

На поворотном участке сечение канала ортогональное вектору потока равно боковой поверхности усеченного конуса и находится согласно выражению:

$$S = \pi h (2R(1 - \cos \varphi) + h), \quad (1)$$

где R - средний радиус поворота; φ - полярный

угол радиус вектора; h - высота канала.

Для бокового угла конусности диффузора α эквивалентного поворотному участку канала имеем

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{D_3 - d}{2l}, \quad (2)$$

где d - входной диаметр сопла, D_3 - выходной диаметр эквивалентного диффузора, l - длина участка канала.

Расчет эквивалентного диаметра проводится по формуле

$$D_{\text{экв.}}(\varphi) = 2\sqrt{S/\pi}. \quad (3)$$

Подставляя (2) в (3) и приняв, что высота поворотного участка канала сопла, которая на входе составляет $h=d/2$, является линейной функцией полярного угла вида $h=d/2(1+K\varphi)$ из (1) получим следующее выражение для эквивалентного выходного диаметра диффузора

$$D_{\text{экв.}} = 2\sqrt{\frac{d}{2(1+K\varphi)} \left(2R(1-\cos\varphi) + \frac{d}{2(1+K\varphi)} \right)}, \quad (4)$$

где K - коэффициент, учитывающий сужение канала.

Теперь учитывая, что длина поворотного участка составляет $l=R\varphi$, найдем согласно (2) формулу для бокового угла эквивалентного диффузора

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{\frac{d}{2(1+K\varphi)} \left(2R(1-\cos\varphi) + \frac{d}{2(1+K\varphi)} \right)} - 0,5d}{2R\varphi}. \quad (5)$$

Функциональная зависимость угла α от радиуса R и коэффициента K согласно полученным формулам исследовались численным методом. При этом, руководствуясь конструктивной и технологической целесообразностью, принимались следующие интервалы варьирования параметров: $R=40-80$ мм и $K=0-0,16$. Условие $K \leq 0,16$ ограничивает минимальную высоту канала на уровне $h=20$ мм, что исключает возможность заклинивания частиц набрызгбетонной смеси.

Как следует из табл. 1, содержащей выборочные результаты численного анализа и рис. 3, угол диффузора нелинейно возрастает и достигает максимума к концу поворотного участка проточного канала сопла.

Таблица 1

Зависимость бокового угла диффузора α от полярного угла φ

$R \cdot 10^2$ м K	$R=4$ $K=0$	$R=4$ $K=0,16$	$R=6$ $K=0$	$R=6$ $K=0,16$	$R=8$ $K=0$	$R=8$ $K=0,16$
φ , град						
15	7	3	8	4	7	4
30	13	8	13	9	12	10
45	18	12	17	13	16	13
60	21	16	19	16	18	15
75	22	17	20	16,5	18,5	15,5
90	23	17,5	20,5	17	19	16

С увеличением радиуса закругления R и коэффициента сужения K максимально значение угла α снижается и в пределах варьирования параметров вполне укладывается в ограничение $\alpha \leq 20^\circ$.

В соответствии с отмеченным для оценки степени расширения поворотного участка канала сопла достаточно анализа при условии $\varphi=90^\circ$. С учетом этого условия решение формулы (5) относительно среднего радиуса поворота канала дает

$$R = \frac{d}{1 + K \frac{\pi}{4}} \frac{1 - \operatorname{tg} \alpha \frac{\pi}{4}}{(\operatorname{tg} \alpha \frac{\pi}{4})^2}. \quad (6)$$

Приняв для упрощения конструкции высоту канала сопла постоянной и подставив в формулу (5) $K=0$ получим

$$\operatorname{tg} \alpha = 2 \frac{\sqrt{h(2R+h)} - h}{\pi R}. \quad (7)$$

Введя коэффициент $\varepsilon=R/h$ характеризующий соотношение между средним радиусом поворота канала и его высотой приведем формулу (7) к виду

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{2\varepsilon + 1} - 2}{\pi\varepsilon}. \quad (8)$$

Решение (8) относительно ε дает

$$\varepsilon = 4 \frac{1 - \pi \operatorname{tg} \alpha}{(\pi \operatorname{tg} \alpha)^2}. \quad (9)$$

Численный анализ полученного уравнения показывает, что требование к боковому углу диффузора ($\alpha \leq 20$) удовлетворяется при $\varepsilon \geq 3$, т. е. когда средний радиус закругления канала сопла превышает высоту канала не менее чем в три раза.

На втором плоско-прямолинейном участке проточного канала сопла сечение ортогональное вектору потока представляет собой кольцевую поверхность. Площадь этой поверхности на входе в прямолинейный участок согласно (1) составляет

$$S_n = \pi h(2R + h),$$

а на выходе

$$S_e = \pi D_c h.$$

где D_c - внешний диаметр сопла.

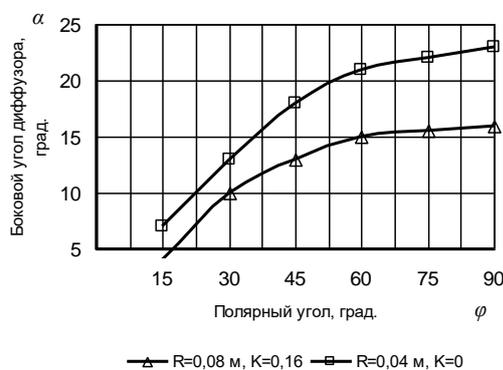


Рис. 3. Характеристики границ варьирования параметров R и K ($d=0,05$ м)

Отсюда для бокового угла конусности диффузора α эквивалентного плоско-прямолинейному участку сопла получим формулу

$$\operatorname{tg} \alpha = 2 \frac{\sqrt{D_c h} - \sqrt{h(2R + h)}}{D_c - (2R + h)}. \quad (10)$$

Анализ формулы (10) показывает слабую зависимость угла α от входящих параметров в диапазоне их возможного конструктивного варьирования: $h=2,5-2$ см; $D_c=45-50$ см; $R=4-8$ см. В целом значения угла конусности эквивалентного диффузора прямолинейного участка укладываются в приемлемые значения $\alpha=15-17^\circ$.

Как видно из рис. 3, гидравлические потери, связанные с отрывом потока от стенок проточного канала радиально-кольцевого сопла в результате быстрого его расширения возможны лишь на поворотном участке. Однако найденные решения дают возможность выбирать значения радиуса поворота потока и высоты канала, позволяющие избежать этого негативного явления.

Таким образом, получены зависимости позволяющие определить рациональные геометрические параметры радиально-кругового соплового аппарата.

Список литературы

1. Спосіб нанесення набрызгбетонного покриття у вертикальних гірничих виробках: патент 3253, Україна, МПК E21D11; Заявлено 28.07.2004; Опубл. 15.10.2004; 3 с.
2. Трегубов В.А., Замыцкий О.В., Кривенко А.Ю. Закономерности движения набрызгбетонной смеси в поворотной части радиально-кругового сопла...
3. Трегубов В.А., Замыцкий О.В., Кривенко А.Ю. Аэродинамика радиально - кругового сопла для набрызгбетонирования восстающих выработок...
4. Повх И.Л. Техническая гидромеханика. Ленинград, Машиностроение, 1976 г.

Рукопись поступила в редакцию 05.04.12