

**Применение устройств циклонного типа  
при очистке воздуха в системах ГДЗС**

Карпенчук И.В., Кузнецов А.В., Стешин А.Е.  
ГУО «Командно-инженерный институт»  
МЧС Республики Беларусь

Дым представляет собой аэрозоль, состоящий из мелкодисперсных частиц и образующийся жидкими, газообразными и твердыми продуктами горения в результате их неполного сгорания.

Дым уменьшает видимость, тем самым он может задержать эвакуацию людей, находящихся в помещении, что может привести к воздействию на них продуктов сгорания, причем в течение недопустимо длительного периода времени. Применение длинно-рукавных систем при очистке воздуха на пожарах связанных с горением веществ, выделяющих крупные взвешенные в воздухе, частицы, имеет ряд недостатков.

Любая работа спасательных подразделений по тушению пожаров в задымленной атмосфере проводится с применением средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения, однако дым снижает видимость и ухудшает условия ориентации личного состава. В связи с этим предполагается, что для повышения эффективности проведения работ по обнаружению и тушению пожара, необходимо улучшить условия видимости на месте проведения работ. С целью уменьшения количества дыма и сокращения времени разворачивания техники предложен способ очистки воздуха с помощью устройства типа циклона установленного непосредственно за дымососом, находящегося на вооружении отделений ГДЗС.

Целью данной работы является оптимизация конструкции улитки циклона при помощи расчета условий движения частиц дыма в потоке с постоянной скоростью.

Оптимальное очертание улитки спирального подвода, обеспечивающее максимальную эффективность очищающегося устройства, выполненного в виде суперциклона, оказывает существенное влияние на структуру потока и эффективность работы устройства в целом. Поэтому целесообразно получить обоснованное с гидромеханической точки зрения очертание улитки

спирального подвода методами теории струй, комплексного потенциала и теорией конформных отображений.

Схема течения в физической плоскости  $z=x+iy$  представлено на рис.1. Ставится задача нахождения координат криволинейной границы улитки BN из условия постоянства местной скорости  $U_B$  вдоль нее. Такое условие обеспечивает теоретически максимальную эффективность работы рассматриваемой конструкции устройства при минимизации гидравлических потерь [2].

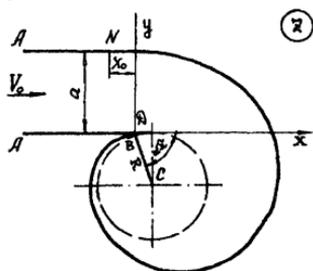


Рис.1. Схема течения в физической плоскости

В области комплексного

потенциала  $w=y+i\psi$  рассматриваемой области течения соответствует полоса шириной  $q = \frac{g}{\alpha} \cdot a$

где:  $g$  - скорость в подводе.

Решение ищется во вспомогательной плоскости, в качестве которой выберем верхнюю полуплоскость комплексного переменного  $t = \zeta + i\xi$ .

Решение данной смешанной краевой задачи осуществляется с помощью формулы Келдыша-Седова. Интегрируя область комплексного потенциала на участке BN и разделяя действительную и мнимую части, получим расчетные формулы для оптимальных координат улитки спирального подвода:

$$\frac{x}{\alpha} = -\frac{1}{\pi} \left( \frac{\sqrt{d+b} + \sqrt{1+d}}{\sqrt{1-b}} \right)^{2\alpha} \cdot \left( \frac{\sqrt{b+1}}{\sqrt{1-b}} \right)^4 \int_{\epsilon}^{t < 1} \cos \theta \frac{dt}{t} \quad (1)$$

$$\frac{y}{\alpha} = -\frac{1}{\pi} \left( \frac{\sqrt{d+b} + \sqrt{1+d}}{\sqrt{1-b}} \right)^{2\alpha} \cdot \left( \frac{\sqrt{b+1}}{\sqrt{1-b}} \right)^4 \int_{\epsilon}^{t < 1} \sin \theta \frac{dt}{t} \quad (2)$$

и координаты точки начала спирали N:

$$\frac{x_D}{\alpha} = -\frac{1}{\pi} \left( \frac{\sqrt{d+\varepsilon} + \sqrt{1+d}}{\sqrt{1-\varepsilon}} \right)^{2\alpha} \cdot \left( \frac{\sqrt{\varepsilon+1}}{\sqrt{1-\varepsilon}} \right)^4 \int_{\varepsilon}^1 \cos \theta \frac{dt}{t}, \quad (3)$$

Получаем соотношение для геометрических размеров относительного радиуса циклона

$$\frac{R_B}{\alpha} = -\frac{1}{\pi} \left( \sqrt{d+\varepsilon} + \sqrt{1+d} \right)^{2\alpha} \cdot \left( \sqrt{\varepsilon+1} \right)^4 \times \\ \times \int_0^{\varepsilon} \frac{t(d+t)^{\alpha} dt}{\left( \sqrt{\varepsilon(1-t)} \cdot \sqrt{\varepsilon-t} \right)^4 \cdot \left( \sqrt{(1+\varepsilon)(1-t)} + \sqrt{(\varepsilon-t)(d+\varepsilon)} \right)^{2\alpha}}. \quad (4)$$

Для участка ДС ( $-d < t < 0$ ) получаем аналогичное соотношение:

$$\frac{R_D}{\alpha} = -\frac{1}{\pi} \left( \sqrt{d+\varepsilon} + \sqrt{1+\varepsilon} \right)^{2\alpha} \cdot \left( \sqrt{\varepsilon+1} \right)^4 \times \\ \times \int_{-d}^0 \frac{t(d+t)^{\alpha} dt}{\left( \sqrt{\varepsilon(1-t)} + \sqrt{\varepsilon-t} \right)^4 \cdot \left( \sqrt{(d+t)(1-t)} + \sqrt{(\varepsilon-t)(d+1)} \right)^{2\alpha}}. \quad (5)$$

Если улитка спирального подвода выполнена не пространственной, а плоской то  $R_B = R_D = R$ , где  $R$  – радиус циклона.

Расчет параметров циклона с оптимальными параметрами для очистки воздуха от продуктов сгорания размерами 1 – 10 мкм осуществляется численными методами на ЭВМ.

Данная методика расчета дымоулавливающих устройств позволит обеспечить следующие условия эксплуатации:

- очистку атмосферы с высокой задымленностью до 40 – 150 г/м<sup>3</sup>;

- снижение в составе атмосферы содержание опасных для человека частиц дыма размером 1 – 10 мкм;

- работу звена ГДЗС при температуре не менее 200° С;

- улавливание частиц дыма (сажи) из газов с высоким содержанием водяных паров (20 – 200 г/м<sup>3</sup>) при наличии в них серного и сернистого ангидрида, тяжелых углеводородов, окислов азота, углерода.