

**Стратегия и программный комплекс расчета движения
газового потока в шнековом осадителе**

Кричко К.А.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее распространенным подходом к изучению аспирации пыли в циклоне является эмпирическое исследование процесса. Однако среднестатистический характер полученных результатов не позволяет судить о процессах, происходящих в локальных зонах конструкции.

Достаточно полным методом анализа факторов, влияющих на эффективность работы аппаратов пылеулавливания, является математическое моделирование. В основе современных методов вычислительной газовой динамики (ВГД) лежит численное решение уравнений Навье-Стокса. Однако, решение полных уравнений Навье-Стокса является трудоемкой задачей. Поэтому в зависимости от характера рассматриваемой задачи, численное моделирование течений проводится в различных математических постановках и приближениях.

Моделирование движения газа в исследуемом аппарате проводилось с помощью программы вычисления движения жидкости и газа (ВГД) на основе конечно-объемного метода (КОМ) решения уравнений гидродинамики, использующей прямоугольную адаптивную сетку с локальным измельчением. Для аппроксимации криволинейной геометрии с повышенной точностью использовалась технология подсеточного разрешения геометрии, которая позволяет импортировать ее из систем САПР.

С помощью программы САПР создавалась геометрическая твердотельная модель шнекового осадителя, которая импортировалась в программу расчета, где определялась расчетная область.

Получение распределений скорости, давления и других физических параметров газа является целью моделирования его движения в расчетной области. Для расчета всех этих параметров задаются физические законы их изменения, совокупность которых составляет основу математической модели.

Для расчета движения газа в шнековом осадителе лучше всего подходит $k-\varepsilon$ модель турбулентного течения газа, которая предназначена для случая движения газа при больших числах Рейнольдса и малых изменениях плотности. Она основана на стандартной $k-\varepsilon$ модели турбулентности, в которой турбулентная вязкость μ_t выражается через величины $k-\varepsilon$ следующим образом:

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon}, \quad (1)$$

где μ_t – турбулентная вязкость, кг/(м·с); $C_\mu = 0,09$ – параметр $k-\varepsilon$ модели; ρ – плотность газа, кг/м³; k – турбулентная энергия, м²/с²; ε – скорость диссипации турбулентной энергии, м²/с³;

Модель состоит из уравнения Навье-Стокса, уравнения для энтальпии, уравнения для концентрации, уравнения для k и ε .

В расчетной области задавались граничные условия (ГУ). В модели шнекового осадителя границами расчетной области являются внутренние стенки осадителя, поверхность шнека, а также сечения входного патрубка и выхлопной трубы, на которых задавались скорость входа потока и давление на выходе из осадителя.

Картина потоков, возникающих внутри циклонных аппаратов, носит сложный характер. Этим объясняется отсутствие единого подхода к математическому описанию движения пылегазовой смеси в циклонах. Расчет, проведенный с помощью КОМ, позволил получить пространственные поля давлений и скоростей газа в исследуемом аппарате.

Осадитель работает следующим образом: воздух поступает в аппарат через тангенциальный патрубок со скоростью $v = 25$ м/с подаётся в цилиндрическо-конический корпус осадителя под первый виток винтовой поверхности. Поверхностью поток закручивается, благодаря чему возникают центробежные силы, оттесняющие поток в радиальном направлении до соприкосновения с боковой поверхностью корпуса. Пройдя последний виток, пылегазовый вихревой нисходящий поток огибает отражательный козырек, с помощью которого отклоняется к

внутренней стенке корпуса. Далее газ поступает через отверстие в центральный патрубок и выбрасывается в атмосферу.

Вращающийся в осадителе воздушный поток имеет сложное пространственное поле скоростей, обусловленное конструкцией аппарата (тангенциальный вход и центральный выход воздуха).

Поле абсолютных скоростей газа в осадителе было представлено в виде спиральных траекторий движения потока. Внутренний восходящий поток начинается в нижней части конуса осадителя и движется вверх, вращаясь в том же направлении, что и внешний нисходящий поток.

Наибольшую скорость в осадителе газовый поток имеет в тангенциальном патрубке в аппарат – $v = (22 \div 25)$ м/с. Основная зона износа в аппарате располагается в месте входа потока в осадитель. Скорость потока на внутренних стенках корпуса составляет $v = (17 \div 22)$ м/с. На последнем витке, пылегазовый вихревой нисходящий поток огибает отражательный козырек, установленный в нижней части выхлопной трубы. Поток резко меняет направление движения достигая скорости $v = (17 \div 20)$ м/с, что будет отрицательно влиять на эффективность работы аппарата. На эпюрах скоростей наблюдается отрыв потока от поверхности козырька. В выхлопной трубе газовый поток вращается и движется со скоростью $v = (10 \div 12)$ м/с.

Потери давления в осадителе составляют 900 Па (расчет проводился без учета шероховатости внутренних стенок корпуса). Зона наибольшего давления находится в месте входа потока в осадитель на его внутренней цилиндрической поверхности. Давление $P \cong 101900$ Па. Далее, при повороте потока на девяносто градусов давление в этой зоне несколько снижается – $P \cong 101700$ Па. Наибольшее разрежение газа в аппарате находится в зоне отражательного козырька ($P \cong 101500$ Па) и в центральной трубе – $P \cong 101170$ Па.

Благодаря наличию наклонной винтовой поверхности, прилегающей к центральному патрубку шнекового осадителя, отрицательный эффект радиального стока частиц внутри рабочей камеры осадителя полностью отсутствует.