

## МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВИХРЕВОГО КАПЛЕОТДЕЛИТЕЛЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ ГАЗОВ

Гого В.Б., канд. техн. наук, Булыч А.С., студент.  
Красноармейский индустриальный институт ДонНТУ

Идея вихревого разделения потоков газа и жидкости с минимальными энергетическими потерями [1] привела к необходимости разработки математической модели, описывающей гидродинамический рабочий процесс дискового газоотделителя или каплеуловителя (каплеотделителя). Предложенная модель позволяет определить основные гидродинамические параметры газоотделительного элемента по схеме отделения жидкого компонента от газожидкостного потока.

Полагаем, что жидкая фракция диспергирована в газовом потоке в виде капель с размерами порядка  $10^{-3} \dots 10^{-2}$  м и вероятность флуклюации ничтожно мала из-за отсутствия крупных жидких глобул.

Дисковая конструкция каплеотделителя позволяет воздействовать на устойчивость структуры газожидкостного потока центробежными силами. Каплеотделитель центрифугирует поток на 2 слоя – внешний, пристеночный поток жидкости и внутренний – газа. Характер сепарации существенно активизируется с повышением температуры жидкости, однако это в данном исследовании не рассматривается.

Будем полагать, что капли жидкости отводятся с потока по поверхности газового вихря. На этом основании запишем систему уравнений движения и неразрывности газожидкостного потока в дисковом вихревом каплеуловителе:

$$\rho_c \left( V \frac{\partial V}{\partial r} - \frac{W^2}{r} \right) = \frac{\partial P}{\partial r} + \mu \frac{\partial}{\partial r} \frac{\partial(rV)}{r \partial r}; \quad (1)$$

$$\rho_c V \frac{\partial(rW)}{r \partial r} = \mu_r \frac{\partial}{\partial r} \frac{\partial(rW)}{r \partial r}; \quad (2)$$

$$\rho \left( V \frac{\partial U}{\partial r} - U \frac{\partial U}{\partial x} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \mu_r \left( \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} \right); \quad (3)$$

$$\frac{\partial(rV)}{\partial r} + \frac{\partial(rU)}{\partial x} = 0. \quad (4)$$

где  $\rho_c$  – плотность потока у стенки при  $r=r_c$ ;  
 $V$  – линейная скорость газа;  
 $W$  – линейная скорость жидких капель;  
 $U$  – осевая скорость потока,  
 $r$  – радиус камеры каплеуловителя.

Принимаем граничные условия:

$$r = r_c; \quad V = -\frac{G}{\rho_c \Phi(r_c)}; \quad W = W_c;$$

$$r \rightarrow 0; \quad rW \rightarrow 0;$$

$$r = 0; \quad U=0; \quad x=l_c; \quad U=U_c, P=P_{\text{вых}};$$

$$\rho = \rho_c = \text{const};$$

$l_c$  – высота дисковой камеры;

$\Phi(r_c)$  – площадь камеры по радиусу;

При значении  $x=l_c$  скорость  $U$  принимает среднее значение скорости жидкости:

$$U = \frac{G}{\rho_c \pi r_c^2 \varepsilon}, \quad \varepsilon = 1 - \left( \frac{r}{r_c} \right)^2 \quad (5)$$

где  $G$  – массовый расход жидкости;

$\varepsilon$  – коэффициент заполнения потоком камеры газоотделителя.

Полагаем, что распределение скорости ( $U$ ) соответствует режиму изотропной дисперсии капель:

$$dU = \frac{Gdx}{\pi\rho r_c^2 \varepsilon l_c} \quad (6)$$

Тогда, учитывая (6), уравнение (4) можно записать в виде:

$$\frac{\partial(rV)}{\partial r} = -r \frac{G}{\pi\rho r_c^2 \varepsilon l_c} \quad (7)$$

Распределение осевой скорости потока жидкости по (6) для уравнений (1) и (3) дает слагаемые, в которые входит вязкость ( $\mu_T$ ), равные нулю. Тогда систему (1-4) запишем в преобразованном виде:

$$V \frac{\partial V}{\partial x} - \frac{W}{r} = \frac{\partial P}{\rho_c \partial r}; \quad (8)$$

$$V \frac{\partial(rW)}{r \partial r} = v_T \frac{\partial \partial(rW)}{\partial r \partial r}; \quad (9)$$

$$U \frac{\partial U}{\partial x} = -\frac{1}{\rho_c} \frac{\partial P}{\partial x}; \quad (10)$$

$$\frac{\partial(rV)}{\partial r} + \frac{\partial(rU)}{\partial x} = 0. \quad (11)$$

Из уравнений (11), (7), (6) получим скорость газа (V):

$$V = -\frac{G}{\rho 2\pi r_c \varepsilon l_c} - \left( \frac{r}{r_c} - (1 - \alpha \varepsilon) \frac{r_c}{r} \right), \quad (12)$$

где  $\alpha$  - степень отделения (сепарации) жидкости из газожидкостного потока.

Проинтегрируем (9), получим распределение скорости потока (W) по радиусу дисковой камеры:

$$W = W_c \frac{r_c}{r} \left( 1 - \frac{\chi}{\lambda} \right), \quad (13)$$

где

$$\chi = \int_{r_c}^r \exp\left(\frac{\gamma r^2}{\nu r_c}\right) r^{\alpha \varepsilon r_c} dr;$$

$$\lambda = \int_0^{r_c} \exp\left(\frac{\gamma r^2}{\nu r_c}\right) r^{\alpha \varepsilon r_c} dr;$$

$\gamma$  - коэффициент, учитывающий расход компонентов (газа и жидкости по объему).

Интегрируя (1), получим распределение давления в вихревом потоке газоотделителя:

$$P = P_c - P_1 - P_2, \quad (14)$$

где

$$P_1 = \rho V^2 \left[ \frac{r}{2r_c} - \frac{(1 - \alpha \varepsilon)^2 r_c}{2r} - \left( 1 - \alpha \varepsilon + \frac{(\alpha \varepsilon)^2}{2} \right) \right];$$

$$P_2 = 0,5 \rho W^2 \ln \frac{r}{r_c}.$$

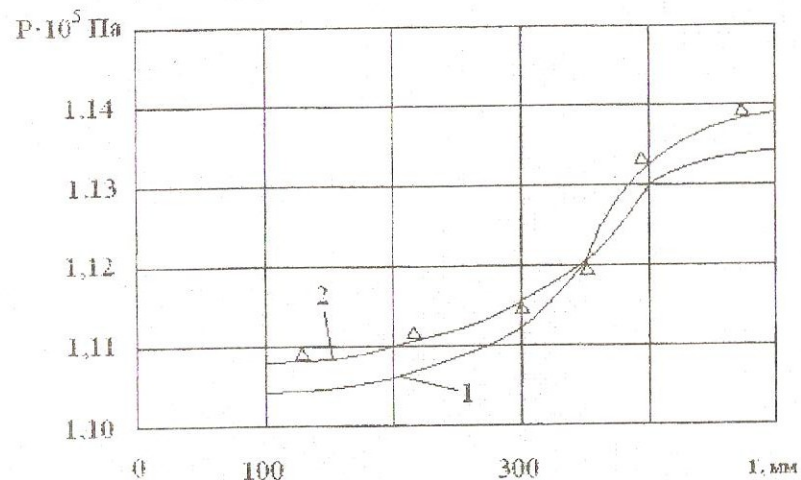


Рис. 1 Зависимости давления от радиуса в дисковом газоотделителе.

1 – теория, 2 – эксперимент.

На рис. 1 представлены зависимости давления в камере газоотделителя полученные путем решения (14) и экспериментально. Удовлетворительное согласование расчетных значений с экспериментальными позволяет считать предложенную модель гидродинамического процесса вихревого каплеуловителя и его математическое описание адекватными реальному.

#### Литература

1. А.С. 1054579 (СССР) Двухступенчатый газоотделитель эрлифта / В.Г. Гейер, В.Б. Гого – Оpubл. в БИ 1983, №42.

## ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ И СПОСОБА ОХРАНЫ ВЫЕМОЧНЫХ ХОДКОВ ПРИ ДОРАБОТКЕ ЗАПАСОВ ПЛАСТА $h_{10}^B$ ШАХТЫ «ИЛОВАЙСКАЯ».

Самойлов В.Л., Чураков А.А.

Донецкий национальный технический университет

Уголь является основным энергоносителем, а, следовательно, он обеспечивает экономический и политический суверенитет Украины.

Для обеспечения нужд хозяйства страны необходимо добывать 100...110 млн.т. угля в год. В настоящее время угольная промышленность испытывает трудности, связанные с рядом причин. Одной из них является увеличение глубины разработки угольных пластов и ухудшение горно-геологических условий поддержания горных выработок. Проблема поддержания и сохранения устойчивости выработок позади очистного забоя актуальна не только с позиции их повторного использования, но и с точки зрения обеспечения прямоточного проветривания, так как часто возвратноточное проветривание не позволяет достичь высокой нагрузки на лаву из-за ограничений по фактору проветривания. Этот вопрос является актуальным и для шахты «Иловайская».

На шахте «Иловайская» ПО «Шахтерскантрацит» выработки проводятся по пласту  $h_{10}^B$ , мощность которого составляет 0,8-0,9 м, пласт вынимается с присечкой кровли, вынимаемая мощность 1,04м, коэффициент крепости по шкале Протодяконова составляет  $f=1,8$ . Выше пласта залегает глинистый сланец мощностью 12-19 м, с  $f=4$ . В непосредственной почве залегает песчаный сланец мощностью 2 м, с  $f=5$ . В основной почве залегает крепкий песчаник, мощность которого 6 м, с  $f=9$ . Породы пласта не обводнены, геологических нарушений нет.

В данный момент на шахте отрабатывается прирезанный