

УДК 622.8.7

ТЕПЛООБМЕН И ГИДРОДИНАМИКА ГАЗОЖИДКОСТНОГО ПОТОКА В СИСТЕМАХ ГИДРОПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ

Малеев В.Б., докт. техн. наук, проф.,
Гого В.Б., канд. техн. наук, Булыч А.С., магистрант
Донецкий национальный технический университет

Исследованы теплообмен и гидродинамика в дисперсном газожидкостном потоке по вертикальным и горизонтальным координатам для определения температуры смеси в системах гидропылеподавления.

Heat exchange and hydrodynamics in disperse liquid combined with gas a stream on vertical and horizontal coordinates for definition of temperature of a mix in systems suppression of a dust by a liquid are investigated.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Современные способы подземной добычи угля характеризуются образованием значительного количества пыли и выделением ее в атмосферу горных выработок.

Вредность пылеобразования определяется прежде всего следующими факторами:

1. пыль становится причиной заболевания рабочих пневмокониозом или пылевым бронхитом;
2. анализ причин последствий аварий на шахтах показывает, что наиболее сложные и опасные из них вызваны взрывами метана с участием угольной пыли, так как присутствие пыли при взрыве метана способствует значительному увеличению силы взрыва и образования большого объема токсичных газов высокой концентрации.

Борьба с пылью, как с вредным компонентом представляет собой сложную инженерную задачу. И здесь в решении первое место занимает прежде всего применение систем гидропылеподавления.

Актуальной проблемой в разработке систем гидродинамического пылеподавления является исследование аналитики протекания процессов в системе, и как следствие – создание соответствующих параметрических показателей – теплообмена, гидродинамики и эффективности пылеочистки газожидкостного потока.

Анализ исследований и публикаций. Известные на данный момент теоретические исследования [1,2] по вопросу разработки и

функционирования систем гидропылеподавления, к сожалению, не полностью охватывают весь спектр процессов происходящих в гидравлических системах. В частности вопрос теплообмена в оборудовании гидропылеподавления не был достаточно полно проанализирован в известных математических моделях, что несомненно не позволяет получить комплексную оценку энергетических затрат на процесс очистки воздуха от пыли, что очень важно для обоснования рациональных параметров установки в ходе проектирования.

Постановка задачи. Для разработки комплексных систем гидродинамического пылеподавления необходимо знать распределение температурных показателей в газожидкостном потоке.

При этом необходимо учесть, что параметрические показатели должны включать в себя гидродинамику и теплообмен как при вертикальном так и при горизонтальном движении газожидкостного потока.

Изложение материала и результаты. Рассмотрим вертикальный газожидкостный поток с пылевыми включениями твердых частиц (например угля). Полагаем, что поток газа (воздуха) диспергирует жидкость на капли известной величины, а пылевые частицы в начальном нормальном сечении имеют равномерную плотность.

Принимаем, что для вертикального дисперсного газожидкостного потока изменение давления по координатам удовлетворяет уравнению:

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial y} = \beta \cdot g \cdot T(x, y), \quad (1)$$

где P - давление для заданного сечения;

ρ - плотность потока;

β - коэффициент объемного расширения;

g - ускорение силы тяжести;

T - температура газожидкостной сферы (потока);

x, y - координаты.

В пределах заданного объема сечения газожидкостного потока будем иметь:

$$P = \int_{-l}^l \beta \cdot g \cdot \rho \cdot T(x, y) dy, \quad (2)$$

где $-l...l$ - толщина по вертикали (высота слоя).

Преобразуем выражение (2):

$$\Delta P = P - P_{x_0} = 2 \cdot g \cdot \rho \cdot \beta \cdot [T(x) - T(x_0)] \cdot l, \quad (3)$$

где $T(x_0)$ - средняя температура потока в сечении при $x=x_0$;

$T(x)$ - средняя температура в сечении (x) ;

$P(x_0)$ - давление в сечении (x_0) и $y=-l$;

ΔP - разность давления относительно давления в сечении.

Разность давления:

$$\Delta P = g \cdot (\rho - \rho_s) \cdot \Delta y = 2 \cdot g \cdot \rho \cdot \beta \cdot [T(x) - T(x_0)] \cdot l, \quad (4)$$

где ρ - плотность газожидкостной смеси;

ρ_s - плотность жидкости;

Δy - высота по вертикальной координате.

Запишем (4) в таком виде:

$$T(x) = T(x_0) + \frac{(\rho - \rho_s) \Delta y}{2 \cdot \rho \cdot \beta \cdot l}. \quad (5)$$

Учитывая, что в гравитационном поле по вертикали плотность смеси уменьшается, имеем второе слагаемое отрицательное, т. е. температура потока снижается как результат подъема потока.

Рассмотрим гидродинамику и теплообмен в горизонтальном сечении (по координате x).

Полагаем, что скорость газожидкостного потока имеет вид:

$$u = u(x) \cdot u(y). \quad (6)$$

Из уравнения неразрывности следует:

$$v = \int_0^y \frac{\partial u(x)}{\partial x} \cdot u(y) \cdot d(y), \quad (7)$$

где u, v - составляющие скорости по осям (x) и (y) .

Для плоского сечения имеем:

$$\left. \begin{aligned} u \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial x} &= v \cdot \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right), \\ u \frac{\partial T}{\partial x} &= \alpha \cdot \left(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right), \\ \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial P}{\partial y} &= \beta \cdot g \cdot T, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где α - коэффициент температуропроводности.

Соотношения (8) представим в безразмерном виде:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^3 u}{\partial y^3} &= \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right) \cdot \frac{\Delta T \cdot \beta \cdot g \cdot l^3}{2 \cdot \nu^2}, \\ \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} &= R_\alpha \cdot u \cdot \frac{\partial T}{\partial x}, \\ \int_{-l}^l u dy &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Из уравнения (9) следует, что формулу для определения температуры потока получили в виде:

$$T_m(y) = 3 \cdot k_{\text{э}}^{\frac{1}{3}} \cdot R_\alpha^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{Q(y)}{\lambda_{\text{э}}}. \quad (10)$$

Выводы и направление дальнейших исследований:

1. Получены аналитические зависимости для расчета температуры по вертикальным и горизонтальным сечениям потока.
2. Обоснованная модель газожидкостного потока по гидродинамической очистке от пыли позволяют рассчитать энергетические затраты на гидродинамический процесс, что является важным показателем эффективности пылеочистки.

Список источников

1. Справочное пособие по борьбе с пылью в угольных шахтах. М., Госгортехиздат, 1973- 192 (МакНИИ).
2. Справочник по комплексному обеспыливанию в угольных шахтах. Под ред. Л.С.Зарубина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1986, 325с.
3. Гого В.Б., Булыч А.С. Гидродинамика и теплообмен компонентов газлифтного потока // Механика жидкости и газа / Материалы II Международной научно-технической студенческой конференции. Донецк: ДонНТУ, 2003. – 114 с.