Записки Ленинградского горного института им.Г.В.Плеханова.
Т. 126. Л., 1991

УДК 622.366.11

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕРОВОДЯНОЙ СМЕСИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ПОТОКА В ТРЕЩИНЕ ГИДРОРАЗРЫВА

Е.В.СЕРГЕЕВ, А.С. АКСИМОВ, В.В.ТРЕЙНИС

Одной из основных задач, возникающих при разработке технологии площадной восходящей выплавки серы, является изучение интегральных характеристик потока (критических скоростей и удельных потерь напора) сероводяной смеси при ее движении в проницаемой зоне, являющейся основным транспортным звеном технологической схемы. Ранее при изучении процессов, связанных с ПВС, эти вопросы не рассматривались и поэтому мы вынуждены были опираться на основные положения теории и практики гидротранспорта сыпучих материалов.

Критической скоростью [I] принято называть среднюю скорость потока гидросмеси, при которой твердые частицы данной крупности и плотности начинают осаждаться, или находятся на пределе выпадения, или, находясь во взвешенном состоянии, еще не осаждаются. Для получения действительной картины гидродинамического взаимодействия потока однородной жидкости (теплоносителя) и взвешенных частиц (расплавленная сера) выполним анализ зависимости критической скорости

$$v_{кр} = f(D_э, \rho_г, d_{ср}, \rho_c, \rho_W), \qquad (1)$$

где $D_э$ – фиктивный эквивалентный диаметр проницаемой зоны, м; $\rho_г$ – плотность сероводяной гидросмеси, кг/м^3; $d_{ср}$ – средний диаметр частиц расплавленной серы, м; ρ_c – плотность твердого (серы), кг/м^3; ρ_W – плотность воды, кг/м^3; $(\rho_г - \rho_W)/(\rho_c - \rho_W)$ – объемная концентрация расплавленной серы в потоке.

Учитывая, что количественное соотношение серы и теплоносителя может быть выражено через объемную концентрацию твердого в потоке C_V, зависимость (I) перепишем в виде:

$$v_{кр} = f(D_э, C_V, d_{ср}, \rho_c, \rho_W) \qquad (2)$$

Отсюда можно сделать вывод, что величина критической скорости при гидротранспорте расплавленной серы зависит от геометрических размеров коллектора, объемной концентрации твердого $C_V = f(\rho_г, \rho_c, \rho_W)$, плотности жидкой серы ρ_c и от среднего диаметра частицы серы $d_{ср}$.

Поскольку в проницаемой зоне мы имеем напорный фильтрационный поток, то на основании работы [3] при определении критических скоростей и удельных потерь напора в случае движения сероводяной смеси можно воспользоваться методом коэффициентов сопротивления или фиктивной эквивалентной трубы. По этому методу проницаемая зона с гипертрофированным поперечным сечением может быть представлена в виде некоторой трубы с эквивалентным диаметром

$$D_{экв} = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}, \qquad (3)$$

где $S = B\delta n_c$ – площадь поперечного сечения проницаемой зоны; B – ширина проницаемой зоны, м; δ – высота раскрытия проницаемой зоны, м; n_c – коэффициент трещиноватой пористости.

При использовании метода коэффициентов сопротивления особенности гидродинамического взаимодействия потока теплоносителя с частицами расплавленной серы, обусловленные гипертрофированностью поперечного сечения проницаемой зоны, учитываются коэффициентом деления потока

$$N = D_{экв}/2d, \qquad (4)$$

где $d = \delta$ – диаметр единичного циркуляционного потока, м.

На основании формулы (4) и работы [4] задачу о нахождении величины критической скорости можно решить, используя зависимость величины этой скорости от объемной концентрации и независимость ее от диаметра индивидуальной частицы $d_{ср}$, а также наличие в потоке при критических режимах транспортирования динамического равновесия, соответствующего равенству удельной потенциальной энергии взвешенных частиц удельной кинетической энергии, затраченной потоком при соответствующем скоростном режиме на увеличение потенциальной энергии твердых частиц.

Исходя из предположения о динамическом равновесии, напишем сначала выражение для затрат удельной кинетической энергии на единицу длины эквивалентной трубы:

$$E_{об.кин} = \lambda_W \frac{\rho_W v_{ср}^2 L}{2D_{экв}} N, \qquad (5)$$

где $\lambda_W = 1/\left[1{,}8 \lg Re_{п.э} - 1{,}8\right]^2$ – коэффициент гидравлических сопротивлений [2]; $Re_{п.э} = v_{ср} D_{экв}/\nu$ – число Рейнольдса при движении потока теплоносителя по эквивалентной трубе; $v_{ср}$ – средняя скорость потока, м/с; L – длина проницаемой зоны (эквивалентной трубы), м; N – коэффициент деления потока.

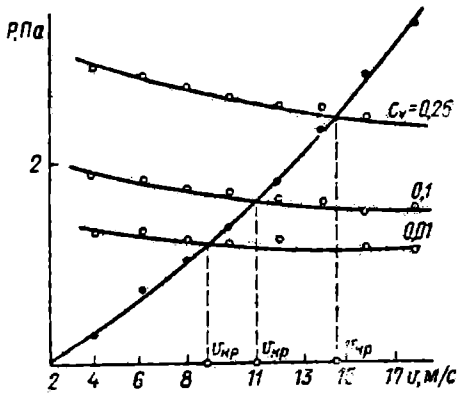
Удельную потенциальную энергию взвешенных частиц серы в потоке теплоносителя можно записать на основании уравнения Бернулли с учетом относительного размера эквивалентной трубы, выраженного отношением единицы длины трубы к ее диаметру,

$$E_{об.п} = (\rho_c - \rho_W) q z \left(\lambda_W + \lambda c_V\right) \frac{L}{D_{экв}} N \qquad (6)$$

или, положив $z = D_{экв}$,

$$E_{об.п} = (\rho_c - \rho_W)(\lambda_W + \lambda_{c_V})\, g L N, \qquad (7)$$

где λ_{c_V} – коэффициент гидравлических сопротивлений объема частиц расплавсеры; g – ускорение свободного падения.



Зависимости $P_W = f(v)$, $P_{WC_V} = f(\lambda_W, \lambda_{C_V}, \rho_c, \rho_W)$ при движении теплоносителя и расплавленной серы в коллекторе диаметром 0,939 м

В соответствии с положением о динамическом равновесии в потоке при критическом режиме транспортировки приравниваем выражение (5) и (6) так, чтобы $E_{об.кин} = \frac{1}{2} E_{об.п}$ или

$$\lambda_W \frac{\rho_W v_{ср}^2 L}{2 D_{экв}} N = (\rho_c - \rho_W)(\lambda_W + \lambda_{c_V})\, g L N, \qquad (8)$$

или $P_W = P_{WC_V}$,

где P_W – удельные потери напора при движении потока теплоносителя, Па; P_{WC_V} – удельные потери напора при движении потока сероводяной гидросмеси, Па.

Согласно выражению (8) величина критической скорости может быть найдена графоаналитически после соответствующих расчетов и построений как точка пересечения кривых $P_W = f(v)$ и $P_{WC_V} = f(\lambda_{C_V}, \lambda_W, \rho_c, \rho_W)$ (см. рисунок).

Далее, решая уравнение (8) относительно v, получим зависимость, выражающую искомую величину критической скорости

$$v_{кр} = \sqrt{\frac{\lambda_W + \lambda_{c_V}}{\lambda_W} \cdot 2 g D_{экв} \frac{\rho_c - \rho_W}{\rho_W}}$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агроскин И.И., Дмитриев Г.Т., Пикалов Ф.И. Гидравлика. М.–Л., Энергия, 1964.

2. Сергеев Е.В., Максимов А.С., Микеев Ю.Л. Интегральные характеристики потоков сероводяной гидросмеси при подземной выплавке серы // Тезисы докладов научно-технического семинара / Ленинградский горный ин-т. Л., 1988.

3. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Л.: Энергия, 1975.

4. Юфин А.П. Гидромеханизация. М.: Стройиздат, 1965.