

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ НАПОРА ПРИ ГИДРОТРАНСПОРТИРОВАНИИ МОНОДИСПЕРСНОГО МАТЕРИАЛА

В настоящее время гидротранспорт получает все большее распространение в народном хозяйстве Украины. Являясь составной частью трубопроводного транспорта, гидротранспорт обеспечивает поточность и непрерывность бесперегрузочного транспортирования, значительно упрощающего технологическую цепь доставки. В перспективе интенсификация гидротранспорта позволит значительно расширить область его применения в горной промышленности от транспортирования полезных ископаемых, рудных концентратов, шламов, отходов обогащения полезных ископаемых до закладочного материала при проведении очистных работ с гидравлической закладкой выработанного пространства.

Наличие примеси твердых частиц в потоке жидкости в трубах оказывает двоякое воздействие на течение: с одной стороны, за счет взаимного столкновения между собой и стенками трубы твердые частицы увеличивают трение и потери напора по длине трубопровода, а с другой стороны, за счет уменьшения турбулизации потока для мелкодисперсных частиц происходит уменьшение потерь напора.

Наличие этих двух факторов, действующих противоположно, имеет своим следствием то, что в определенном диапазоне изменения концентрации твердых включений и для определенного размера частиц наблюдается общее уменьшение потерь напора в смеси жидкости с твердым по сравнению с чистой жидкостью (при одних и тех же значениях расхода).

Согласно [1, 2] потери напора в трубопроводе прямо пропорциональны величине касательных напряжений:

$$\frac{dP}{dx} = 2 \frac{\tau}{r}, \quad (1)$$

где P - давление жидкости; τ - касательное напряжение, r - радиус. При турбулентном движении однородной жидкости величина τ вычисляется по формуле:

$$\tau_{жид} = -\rho V_0'^2, \quad (2)$$

где ρ - плотность жидкости; $V_0'^2$ - пульсационная составляющая скорости, величина которой постоянна на каждом из путей смешения и согласно [1] определяется по формуле:

$$\frac{V_0'}{V_{cp}} = 0,02 \frac{(n+1)(2n+1)}{2n^3} (7+3a^2)(1+a)(1-a)^{1/n},$$

где V_{cp} - средняя скорость жидкости; $a = 1-r/R$, $n = 7-10$.

Для жидкости с примесью твердых частиц напряжения турбулентного трения выражаются зависимостью:

$$\tau_{смесь} = -\rho_{жс} V_{жс}'^2 - \rho_{тв} V_{тв}'^2, \quad (3)$$

где $\rho_{тв}$ - плотность транспортируемого материала; $V_{жс}'$, $V_{тв}'$ - соответственно пульсационные составляющие скоростей жидкости и твердой фазы. Эти величины изменяются на протяжении пути смешения по закону [3]

$$V_{жс}' - \gamma W_{тв}' = V_0' - \gamma W_{тв}'_0, \quad (4)$$

где $V_{тв}'_0$ - начальное значение пульсации твердой фазы; γ - относительная масса примеси.

Таким образом, на основании (1)-(3) имеем:

$$\left(\frac{dP}{dx}\right)_{смесь} = \left(\frac{V_{жс}'^2}{V_0'^2} + \frac{\rho_{тв}}{\rho} \frac{V_{тв}'^2}{V_0'^2}\right) \left(\frac{dP}{dx}\right)_{жид} \quad (5)$$

Из выражения (5) видно, что для определенных потерь напора при движении гидросмеси необходимо определить пульсационные скорости сред.

Предположим, что диаметр частиц твердого меньше пути смешения и что силами, действующими на частицу, кроме силы сопротивления, можно пренебречь. В этом случае, считая силу сопротивления по формуле Стокса, уравнение движения частицы будет:

$$\frac{dU}{dt} = NU;$$

$$N = \frac{18\mu}{\rho_{mo}d^2}, \quad U = V'_{\text{жс}} - V'_m,$$

где μ - вязкость жидкости; d - диаметр частиц. Интегрирование этого уравнения дает решение в явном виде:

$$U = U_0 e^{-N(1+\gamma)t} \quad (6)$$

где $U_0 = V'_0 - V'_{mo}$. Согласно выражению (4) для величин $V'_{\text{жс}}$ и V'_m , можно предложить формулы:

$$V'_{\text{жс}} = \frac{V'_0 + \gamma V'_{mo} - U}{1 + \gamma} \quad (7)$$

$$V'_m = \frac{V'_0 + \gamma V'_{mo} + \gamma U}{1 + \gamma} \quad (8)$$

При этом в формуле (5) используются значения $V'_{\text{жс}}$ и V'_m , взятые в конце пути смещения. Для этого время "жизни" пульсации t_0 определяется из уравнения:

$$\frac{V'_0 + \gamma V'_{mo}}{1 + \gamma} t_0 - \frac{\gamma U_0}{N(1 + \gamma)^2} (e^{-N(1 + \gamma)t_0} - 1) = l \quad (9)$$

где l - длина пути смещения, определяется по формуле [1, 2]:

$$\frac{l}{R} = (1 - a^2) [0,08 + 0,06(1 + a^2)] \quad (10)$$

Таким образом, по формулам (5)-(10) возможно численно-аналитическим путем рассчитать удельные потери напора при гидротранспортировании, с учетом влияния твердых частиц на турбулентные характеристики потока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика. - М.: Стройиздат. - 1975. - 327 с.
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука. - Глав. ред. физ.-мат. лит.-ры. - 1978. - 735 с.

3. Шрайбер А.А., Милютин В.М., Яценко Д.П. Гидромеханика двухкомпонентных потоков с твердым полидисперсным веществом. - Киев: Наук. думка. - 1980. - 250 с.

УДК 622.648.22

Е.В. Семененко

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОТРАНСПОРТА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ГИДРОСМЕСИ

Практика эксплуатации гидротранспортных комплексов на горнообогатительных предприятиях показывает, что в зимнее время существенно повышается нестабильность работы гидротранспорта, ухудшаются рабочие характеристики и усложняется техническое обслуживание [1, 2, 3]. Во многом это связано с резким понижением температуры перекачиваемой гидросмеси, так как с понижением температуры вязкость несущей жидкости увеличивается. Проблеме эксплуатации гидротранспортных комплексов в зимнее время посвящен ряд научных работ [1, 4, 5], однако в большинстве из них рассматриваются технические аспекты данного вопроса. Теоретическому анализу влияния температуры перекачиваемой гидросмеси на гидравлические параметры не уделяется достаточного внимания.

Удельные потери напора при гидротранспортировании, [5], складываются из потерь на перемещение жидкой фазы и потерь на перемещение транспортируемого материала.

Величина гидравлических уклонов, соответствующих несущей жидкости, определяется кинематической вязкостью гидросмеси. Кинематическая вязкость гидросмеси, согласно [1, 5], пропорциональна кинематической вязкости несущей жидкости. Таким образом, характер ее зависимости от температуры определяется физическими свойствами жидкой фазы. Для случая, когда в качестве несущей жидкости используется вода, рассматриваемая зависимость выражается формулой [4, 5]:

$$\nu = 1 / (1 + 0.0337t + 0.00022t^2),$$