

Таблица 2.

Ψ_1	Ψ_2	\bar{a}
45^0	45^0	0,008
40^0	50^0	0,0067
35^0	55^0	0,00544
30^0	60^0	0,00422
25^0	65^0	0,00447
20^0	70^0	0,00448

Минимальные значения \bar{a} имеет $25^0 \leq \Psi_1 \leq 30^0$ и $65^0 \leq \Psi_2 \leq 60^0$.

Проведенные исследования показывают, что оптимальным выбором числа и места расположения стержней можно достичь существенного снижения податливости системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прочность, устойчивость, колебания. Т. 1: Справочник / Под общ. ред. И.А. Биргера. - М.: Машиностроение, 1963. - 832 с.
2. Моссаковский В.И., Гудромович В.С., Макеев Е.М. Контактные задачи теории оболочек и стержней. - М.: Машиностроение, 1979. - 298 с.

УДК 622.648.23:622.693.4

Е.В. Семененко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УКЛОНОВ ПРИ ГИДРОТРАНСПОРТЕ ТВЕРДОГО МАТЕРИАЛА С УЧЕТОМ ТЕКУЩЕГО ИЗМЕНЕНИЯ ЕГО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

В роботі запропоновано розв'язання актуальної задачі визначення зміни гранулометричного складу твердого матеріалу в процесі його гідротранспорту. Розв'язання задачі дозволяє оптимізувати насосне обладнання гідротранспортних комплексів, за рахунок визначення гідравлічних уклонів у разі руху гідросуміші з урахуванням руйнування транспортуемого матеріалу. Бібліогр.: - 6 найм.

Многие специалисты горнорудной промышленности рассматривают гидротранспорт как один из наиболее

перспективных видов транспорта для перемещения сыпучих материалов. Недостатком эксплуатируемых гидротранспортных комплексов является их высокие энергозатраты. При этом завышение энергозатрат часто происходит на стадии проектирования по причине приближенности методик расчета основных гидравлических параметров. Энергозатраты при гидротранспорте в первую очередь определяются гранулометрическим составом транспортируемого материала. Так, удельный расход электроэнергии при гидротранспорте одинакового количества материала класса 10 – 50 мм в 10 раз больше, чем при гидротранспорте класса 0 – 0,5 мм, а классов 0,5 – 1 мм и 1 – 3 мм в 2 и 3,5 раза, соответственно [1 – 3].

Все существующие методики при определении гидродинамических параметров оперируют с осредненными характеристиками транспортируемой породы, взятых до попадания в гидротранспортную систему, и поэтому эти методики не учитывают изменения в процессе гидротранспортирования гранулометрический состав породы. В то время как в процессе гидротранспортирования твердый материал дезинтегрируется и в результате этого изменяются величины гидравлических уклонов и критических скоростей.

Рассмотрим влияние дезинтеграции транспортируемого материала на гидравлические потери на примере гидротранспорта угля марки Г шахты "Ново Гродова" N 3, приведенных в работе [4]. В табл. 1 показан гранулометрический состав транспортируемого материала, прошедшего различные расстояния. Определим для каждого из участков величины гидравлических уклонов, критических скоростей, потерь напора и средневзвешенный диаметр транспортируемого материала. При расчете будем предполагать отсутствие на магистрали наклонных участков и местных потерь.

Таблица 1

Раз - меры в мм	Выход классов в процентах по длине гидротранспортирования (в метрах)								
	0.0	62.5	125	250	500	1000	2000	4000	8000
25-50	5.4	4.23	3.79	3.29	2.89	2.40	2.00	1.49	1.10
13-25	8.67	7.96	7.78	7.47	7.18	6.89	6.60	6.38	5.90
6-13	20.35	16.20	15.32	14.92	14.54	14.17	13.77	13.36	12.90
3-6	13.06	12.87	13.05	13.00	13.06	13.07	13.08	13.06	13.10
0-3	52.49	58.14	60.00	61.22	62.33	63.47	64.45	65.71	67.10

В монографии [1] предложено разбивать гранулометрический состав транспортируемого материала на следующие три фракции : тонкую, мелкую и крупную. Тонкая фракция представлена частицами крупностью $0 < \delta_1 < d_1 = 0,2$ мм, частицы этой фракции перемещаются во взвешенном состоянии. К мелкой фракции отнесем частицы с размерами $d_1 = 0,2 < \delta_2 < d_2 = 2$ мм, которые перемещаются прерывным взвешиванием по всему сечению потока. Частицы крупностью $d_2 = 2$ мм $< \delta_3 < d_3$, где d_3 – максимальная крупность частиц гидротранспортируемого материала, отнесем к крупной фракции. Эти частицы перемещаются в пристеночной области волочением и перекачиванием. Средний диаметр частиц каждой фракции будем обозначать : для тонкой δ_1 , для мелкой δ_2 , для крупной δ_3 . Концентрацию каждой из них обозначим через S_1 , S_2 , S_3 , соответственно. Величины критической скорости и гидравлического уклона при движении разнофракционного материала определим по формулам [1]:

$$V_{кр} = C_1 \sqrt{gD} \sqrt[3]{\frac{ArS_2U}{\sqrt{\delta_2}}} + C_2 \sqrt{gfArDS_3}, \quad (1)$$

$$I = \lambda \frac{V^2}{2gD} (1 + ArS_1) + 100 \left(C_3 \frac{S_2U}{V} \sqrt{\frac{D}{\delta_2}} + fS_3 \right) Ar, \quad (2)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления, C_1 , C_2 , C_3 – опытные константы, f – обобщенный коэффициент трения частиц о нижнюю стенку трубопровода; U – скорость стесненного падения

частицы средневзвешенного диаметра мелкой фракции; V – скорость движения гидросмеси; D – внутренний диаметр трубопровода; Ar – приведенный параметр Архимеда, определяется из соотношения

$$Ar = \frac{A(1 - S_1)}{1 + AS_1}, \quad A = \frac{\rho_m - \rho_o}{\rho_o},$$

где ρ_m , ρ_o – плотности материала и воды. Потери напора в рассматриваемом случае определяются по формуле

$$H = \int_0^L I(l) dl, \quad (3)$$

где обозначены через H – потери напора, L – длина пройденного пути, а I определяется по формуле (2).

Результаты расчетов приведены в табл. 2. в показаны величины гидравлического уклона, потерь напора, критической скорости и средневзвешенного диаметра, вычисленные по каждому из гранулометрических составов табл. 1. Из приведенных данных видно, что гидравлические параметры гидротранспорта существенно изменяются при дезинтеграции транспортируемого материала.

Таблица 2

Расстояние м	$V_{кр}$ м/с	I м/м	$d_{ср}$ мм	H м.в.с
0.0	2.52	2.691	6.99	0.0
62.5	2.23	2.104	6.08	131.5
125	2.11	1.888	5.84	118.0
250	1.97	1.641	5.57	205.125
500	1.85	1.443	5.35	360.75
1000	1.68	1.2	5.09	600.0
2000	1.54	1.001	4.86	1001.0
4000	1.33	0.747	4.61	1494.0
8000	1.14	0.552	4.35	2208.0

Предположим, что рассматриваемый гидротранспортный комплекс должен обеспечить перемещение материала на максимальное из указанных расстояний. Если рассчитывать потери напора по исходному гранулометрическому составу, то величина их будет составлять порядка 200 МПа. При расчете с учетом дезинтеграции транспортируемого материала потери напора не превышают 60 МПа.

Как видно, различие между полученными величинами составляет порядка 50 %. Отметим, что такое различие обусловлено измельчением частиц в процессе гидротранспорта – их переходом из более крупных фракций в более мелкие, изменением неоднородности гранулометрического состава транспортируемого материала.

Процессы дезинтеграции частиц твердого материала при гидротранспорте рассматривались в работах [1, 3, 5; 6]. Наибольшее распространение на практике получила зависимость:

$$d(l) = d_0 l^{-C}. \quad (5)$$

Здесь d , d_0 – текущий и начальный диаметры частицы материала, l – пройденный путь, C – коэффициент абразии транспортируемого материала, который учитывает особенности процесса истирания для различных фракций и материалов; l – основание натурального логарифма. Нетрудно видеть, что напрямую воспользоваться формулой (5) для описания изменения гранулометрического состава в формуле (4) невозможно.

Предположим, что в результате истирания от любой из частиц мелкой и крупной фракций откалываются только частицы тонкой фракции. Тогда в процессе гидротранспортирования частица, принадлежащая в начальный момент к крупной фракции, со временем перейдет в мелкую фракцию. Прежде чем это произойдет, частица успеет преодолеть расстояние, определяемое по формуле

$$l_3 = \frac{1}{C} \ln \left(\frac{\delta_3}{d_2} \right).$$

Следовательно длина пути гидротранспортирования должна быть разбита на участки длиной l_3 , внутри которых справедлива формула (5). Введем на каждом из таких участков локальную переменную x по формуле :

$$x_3 = \begin{cases} l_3; & l = \text{ent}\left(\frac{l}{l_3}\right)l_3 \\ l - \text{ent}\left(\frac{l}{l_3}\right)l_3; & l \neq \text{ent}\left(\frac{l}{l_3}\right)l_3 \end{cases}$$

где l – пройденное расстояние. При этом изменение объема тонких частиц, отколовшихся от крупной фракции, и изменение объема мелких частиц, в результате дезинтеграции крупной, описываются выражениями :

$$W_{13} = \frac{\pi}{6} \delta_3^3 (1 - e^{-3Cx_3})n, \quad W_{23} = \frac{\pi}{6} \delta_2^3 \text{ent}\left(\frac{x_3}{l_3}\right)n, \quad (6)$$

где n – число частиц крупной фракции, истираемых в единицу времени.

Рассуждая аналогичным образом, для частицы мелкой фракции имеем

$$l_2 = \frac{1}{C} \ln\left(\frac{\delta_2}{d_1}\right), \quad W_{12} = \frac{\pi}{6} \delta_2^3 (1 - e^{-3Cx_2}) + \frac{\pi}{6} d_1^3 \text{ent}\left(\frac{x_2}{l_2}\right), \quad (8)$$

где m – число частиц мелкой фракции, дезинтегрирующихся в единицу времени.

Для определения параметров n и m рассмотрим текущие объемы крупной и мелкой фракций, учитывая характер движения частиц каждой из них.

Будем считать, что все частицы мелкой фракции дезинтегрируются одновременно. В пользу такого предположения говорит специфика распределения частиц данной фракции по сечению трубопровода. Таким образом, число истираемых частиц мелкой фракции, в единицу времени, будет

$$m = \frac{3S_2 VD^2}{2\delta_2^3} \quad (9)$$

В крупной фракции дезинтеграции подвержены только те частицы, которые соприкасаются с нижней стенкой трубопровода. Объем содержащихся в гидросмеси частицы крупной фракции, определяется по формуле $G = 0.25\pi S_3 V D^2$.

При этом они занимают в трубопроводе гидротранспортной системы объем

$$G = 0.25V(\varphi - (1 - \cos \varphi) \sin \varphi) D^2.$$

Приравнивая полученные выражения, будем иметь уравнение для определения величины φ -

$$\varphi - (1 - \cos \varphi) \sin \varphi = \pi S_3.$$

Определив величину φ , вычисляем число частиц крупной фракции, истирающихся в данный момент о стенку трубопровода, в единицу времени, будет

$$n = 4\varphi \frac{DVS_3}{\pi\delta_3^3}. \quad (10)$$

На основании формул (6) - (10) можно записать закон изменения фракций транспортируемого материала в результате его дезинтеграции. Текущее значения фракций определяется по формулам :

$$S_3 = S_3^0 - \frac{8\varphi\delta_3}{3\pi D} S_3^0 \left(1 - e^{-3Cx_3} + \left(\frac{d_2}{\delta_3} \right)^3 \text{ent} \left(\frac{x_3}{l_3} \right) \right);$$

$$S_2 = S_3^0 \frac{8\varphi\delta_3}{3\pi D} \left(\frac{d_2}{\delta_3} \right)^3 \text{ent} \left(\frac{x_3}{l_3} \right) + S_2^0 \left(e^{-3Cx_2} - \left(\frac{d_1}{\delta_2} \right)^3 \text{ent} \left(\frac{x_2}{l_2} \right) \right);$$

$$S_1 = S_1^0 + \frac{8\varphi\delta_3}{3\pi D} S_3^0 (1 - e^{-3Cx_3}) + S_2^0 \left(1 - e^{-3Cx_2} + \left(\frac{d_1}{\delta_2} \right)^3 \text{ent} \left(\frac{x_2}{l_2} \right) \right);$$

где S_1^0, S_2^0, S_3^0 - начальные значения концентраций тонкой, мелкой и крупной фракций, соответственно.

Теперь становится возможным проинтегрировать выражение (4), и определить потери напора при движении полидисперсной гидросмеси с учетом дезинтеграции транспортируемого материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смолдырев А.Е. Трубопроводный транспорт. М.: Недра, 1980.
2. Покровская В.Н. Трубопроводный транспорт в горной промышленности. М.: Недра, 1985.
3. Криль С.И. Напорные взвесенесущие потоки. Киев: Наук.думка, 1990.
4. Витенко Л.М. Предварительные результаты исследования по измельчению угля // Труды первой всесоюзной научно-технической конференции по гидравлической добыче угля. М.: Углетехиздат, 1959.
5. Трайнс В.В. Параметры и режимы гидравлического транспортирования угля по трубопроводам. М.: Наука, 1970.
6. Потураев В.Н., Волошин А.И., Пономарев Б.В. Вибрационно-пневматическое транспортирование сыпучих материалов. Киев: Наук. думка, 1989.

УДК 622.648:622.236.2

О.Г. Гоман, Е.В. Семененко

МОДЕЛЬ РАЗРУШЕНИЯ КРУПНЫХ ФРАКЦИЙ ПРИ НАПОРНОМ ГИДРОТРАНСПОРТЕ

В роботі пропонується модель процесу руйнування великих фракцій твердого матеріалу у разі його гідротранспорту. Новизною роботи можливо вважати урахування впливу на процес руйнування пористих агломератів їх фільтрації несучою рідиною. Запропонована модель дозволяє розрахувати параметри гідротранспортних систем, з урахуванням процесів руйнування та фільтрації транспортованого матеріалу під час його переміщення. Бібліогр.: - 9 найм.

При гидротранспорте твердых материалов. частицы крупностью более 2 мм перемещаются в пристеночной области, включая волочение и перекатывание. Как свидетельствуют лабораторные и промышленные исследования приведенные в работах [1, 2], разрушению при гидротранспорте наиболее подвержены частицы именно этой фракции, так как агломераты крупной фракции в результате постоянного контакта со стенкой трубопровода подвержены истирающему воздействию. Наличие