Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1987, т.110

УДК 622.789.5:621.867.7

УМЕНЬШЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ПЕРЕКАЧНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ПУЛЬПОПРОВОДАХ

А.Б.НЕЗАМЕТДИНОВ

При эксплуатации систем магистрального гидротранспортирования угля надежность можно повысить, если упростить структуру систем, например, применить такой грансостав гидросмеси, чтобы в системе не нужен был обезвоживающий комплекс.

С увеличением дальности транспортирования увеличивается роль линейной части в магистральной системе. Если представить линейную часть в виде последовательно соединенных ступеней, содержащих всасывающий трубопровод, насос и нагнетательный трубопровод, а Q-H-характеристику центробежного насоса в виде кубического уравнения:

$$H_1 = aQ^3 + bQ^2 + cQ + d, \qquad (1)$$

характеристику нагнетательного трубопровода, подключенного к насосу, в виде квадратического уравнения:

$$H_2 = H_\Gamma + RQ^2 + \frac{A}{Q}, \qquad (2)$$

где H_1 – напор, развиваемый насосом в данной точке Q-H-характеристики; a, b, c, d – коэффициенты, характеризующие тип насоса; Q – расход в данной точке Q-H-характеристики насоса; H_Γ – геодезическая разность уровней между самой высокой и низкой точками трубопровода данного участка трассы; R – суммарный коэффициент сопротивления участка трубопровода, подключенного к насосу; A – параметр, зависящий от характеристик гидросмеси.

Напор, необходимый для перемещения гидросмеси по всей магистрали

$$H_3 = (A_1 + A_2 + \dots A_n)Q^{-1} + (H_{\Gamma 1} + H_{\Gamma 2} + \dots + H_{\Gamma n}) + (R_1 + R_2 + \dots + R_n)Q^2, \qquad (3)$$

где индексы I, 2, ..., n – соответственно участки трубопровода от головной насосной станции до первой перекачной, от первой до второй перекачной станции и т.д., n – от последней перекачной станции до места слива.

Предположив, что все насосные станции оборудованы центробежными насосами с одинаковыми характеристиками, можно определить число перекачных станций:

$$m = H_3 H_1^{-1}. \qquad (4)$$

Анализ выражений (I), (3) и (4) показывает, что количество перекачных насосных станций прямо пропорционально пересеченности трассы трубопровода и величине коэффициента сопротивления всего трубопровода и обратно пропорционально величине напора, развиваемого насосом.

Выравнивание трассы для устранения пересеченности местности связано с большими капитальными затратами, поэтому уменьшение количества перекачных станций возможно, но экономически не выгодно.

Изменение количества перекачных насосных станций за счет увеличения напора, развиваемого одним насосом, рассматривается в новых конструктивных разработках за рубежом и в нашей стране.

Остановимся на вопросах, связанных с уменьшением коэффициента сопротивления всего трубопровода, по которому транспортируется гидросмесь. Так как гидросмесь состоит из двух фаз: твердой и жидкой, то свойства каждой из них и их взаимодействие сказывается на коэффициенте сопротивления при перемещении гидросмеси по трубопроводу.

В процессе подготовки твердой фазы смеси перед транспортированием контролируют гранулометрический состав и плотность материала частиц, их однородность, концентрацию твердого в смеси и содержание микронных фракций.

Форма и размер частиц тоже влияет на седиментационную устойчивость и дальность транспортирования гидросмеси по трубопроводу. С целью изучения этого вопроса было просмотрено под микроскопом «МИС-II" большое количество частиц угля разных классов крупности и определены их размеры.

Все частицы подразделены на пять разновидностей: пирамиды, кубы, иглы, параллелепипеды, пластины. Для этих частиц в лабораторных условиях определена скорость осаждения (гидравлическая крупность) в зависимости от размеров частиц (см. рисунок).

Как видно из графиков, для всех разновидностей частиц характерна линейная зависимость

$$v_0 = a' + b' d_{эк}, \qquad (5)$$

где v_0 – скорость осаждения частиц в воде, м/с; b' – крутизна характеристик, равная тангенсу угла наклона прямых к горизонтальной плоскости; $d_{эк}$ – эквивалентный диаметр частиц, мм; a' – наименьшая скорость осаждения при минимальных размерах частиц.

Значения коэффициентов a' и b' для пирамид, кубов, игл, параллелепипедов, пластин приведены ниже:

a', м/с	0,06	0,048	0,034	0,033	0,028
b'	0,57	0,48	0,6	0,57	0,43

Эквивалентный диаметр каждой частицы определялся через объем $d_{эк} = (I{,}9IV)^{1/3}$, мм. Соотношения между пятью разновидностями в классе зависят от того, в какой дробильной установке измельчается уголь. Рассматривался уголь, измельченный дезинтегратором, шаровой мельницей, щековой

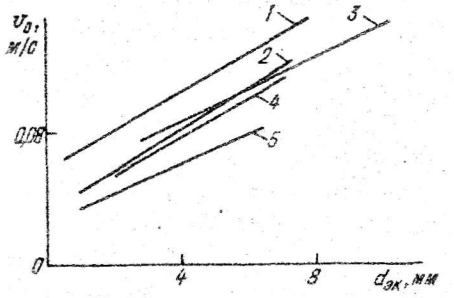
и валковой дробилкой. Сравнительные данные по классу -28+35 меш. (-0,589+0,417 мм) для рядового угля и угля, измельченного разными способами, представлены в табл.I.

Таблица 1

Средние объемы частиц угля класса -0,589+0,417, полученных помолом на различных установках

Соотношение размеров частиц	Рядовой уголь		Шаровая мельница		Дезинтегратор		Щековая дробилка		Валковая дробилка, щель 1 мм	
	$V_{ср}$, 10^{-3} мм	γ, %	$V_{ср}$, 10^{-3} мм	γ, %	$V_{ср}$, 10^{-3} мм	γ, %	$V_{ср}$, 10^{-3} мм	γ, %	$V_{ср}$, 10^{-3} мм	γ, %
					Пластины					
3:1:4 и больше	57	6	-	-	30	3,3	-	-	52	7,1
2:1:4 и больше	124	4	84	2	-	-	81	2,7	111	10,7
2:1:3	135	2	105	8	58	6,7	147	10,8	98	14,3
2:1:2	-	-	93	6	97	13,3	72	5,4	75	3,6
1,5:1:3	85	12	122	6	85	3,3	-	-	97	17,9
1,5:1:2	122	12	117	14	70	13,3	63	32,4	83	7,1
	100	36	103	38	77	40	81	56,7	82	67,9
					Параллелепипеды					
1:1:1,5	100	4	104	12	84	10	113	13,5	12	3,6
1:1:2,0	108	38	108	24	118	20	118	10,8	136	14,3
1:1:2,5	-	-	-	-	-	-	68	0,1	-	-
	107	42	105	36	106,7	30	115	24,3	109	17,9
					Кубы					
1:1:1	48	2	122	12	114	13,3	-	-	150	3,6
					Иглы					
1:1:3 и больше	76	10	-	-	54	6,7	89	8,1	110	3,6
					Пирамиды					
-	29	10	29	14	38	10	23	10,8	19	7,1

Как видно из табл.I количественный состав частиц в виде пластин класса -0,589+0,417 мм по сравнению с рядовым углем увеличивается при помоле в шаровой мельнице на 2 %, в дезинтеграторе на 4 %, в щековой дробилке на 20,7 %, а в валковой на 31,9 %. При этом самые маленькие по объему частицы получены при дроблении в дезинтеграторе, а самый большой процент выхода частиц при соотношении размеров ширины, высоты, длины 3:1:4 и 2:1:4 и больше у валковой дробилки.



Зависимость гидравлической крупности от формы и размеров частиц угля: 1 – пирамиды; 2 – иглы; 3 – кубы; 4 – параллелепипеды; 5 – пластины

Можно отметить количественное увеличение кубообразных частиц после помола в шаровой мельнице на 10 %, а в дезинтеграторе – на 11,3 % в сравнении с рядовым углем. В то же время в этом классе угля количество параллелепипедов уменьшается: в шаровой мельнице на 6 %, в дезинтеграторах на 12 %, в щековой дробилке на 17,6 % в валковой дробилке на 24,1 %.

Из рисунка видно, что частицы в виде пирамид и кубов быстрее выпадают в осадок, а в виде пластин и параллелепипедов – имеют лучшую седиментационную устойчивость, так как скорость падения у них меньше. Чем больше в размере частица любого типа, тем быстрее она падает. Для удобства транспортирования по трубопроводам из условия нерасслоения гидросмеси выгодно, чтобы частицы были в виде пластин и параллелепипедов и малых размеров. Тогда для такой нерасслаивающейся, стабилизированной гидросмеси критическая скорость при одной и той же концентрации твердого будет меньше, чем для крупных частиц.

Анализ материалов, измельченных разными способами (табл.1), показывает, что по размерам и форме частицы различаются в сравнении с рядовым углем и между собой, поэтому степень расслоения гидросмесей, подготовленных по-разному, в процессе измельчения будет различна.

Для оценки нерасслаиваемости смеси из частиц той или иной формы введем отношение скорости ее падения в данной среде к линейному размеру (эквивалентному диаметру). Тогда для гидросмеси, состоящей из разнообразных по форме частиц показатель стабильности или седиментационной устойчивости равен

$$C_T = \frac{v_0^{пл}\gamma_{пл}}{d_{эк_{пл}}} + \frac{v_0^{к}\gamma_{к}}{d_{эк_{к}}} + \frac{v_0^{и}\gamma_{и}}{d_{эк_{и}}} + \frac{v_0^{\Delta}\gamma_{\Delta}}{d_{эк_{\Delta}}} + \frac{v_0^{пар}\gamma_{пар}}{d_{эк_{пар}}} = \sum_{n=1}^{n=5} \frac{v_0^{i}\gamma_{i}}{d_{эк_{i}}}, \quad (6)$$

где $v_0^{пл}$, $v_0^{к}$, $v_0^{и}$, v_0^{Δ}, $v_0^{пар}$ – средневзвешенные по объему скорости осаждения частиц соответственно в форме пластин, кубов, игл, пирамид, параллелепипедов, м/с; $\gamma_{пл}$, $\gamma_{к}$, $\gamma_{и}$, γ_{Δ}, $\gamma_{пар}$ – процентное содержание в данном классе при данном способе измельчения частиц в форме пластин, кубов, игл, пирамид, параллелепипедов; $d_{эк_{пл}}$, $d_{эк_{к}}$, $d_{эк_{и}}$, $d_{эк_{\Delta}}$, $d_{эк_{пар}}$ – средневзвешенные по объему эквивалентные диаметры частиц в форме пластин, кубов, игл, пирамид, параллелепипедов, мм.

Расчеты по зависимости (6) для данных табл.1 сведены в табл.2. Как видно из табл.2, показатель стабильности у рядового угля равен 1,72. Чем меньше показатель стабильности, тем меньше гидросмесь склонна к расслоению и оседанию твердых частиц. Гидросмесь, приготовленная из угля, измельченного на валковой дробилке, имеет самые лучшие показатели (1,58),

Таблица 2

Сравнительные данные по классу −0,589+0,417 мм для рядового угля, измельченного разными способами

Форма частиц	Рядовой уголь			Дезинтегратор			Шаровая мельница			Щековая дробилка			Валковая дробилка		
	$d_{эк}$, мм	γ, %	v_0, м/с	$d_{эк}$, мм	γ, %	v_0 м/с	$d_{эк}$, мм	γ, %	v_0, м/с	$d_{эк}$, мм	γ, %	v_0, м/с	$d_{эк}$, мм	γ, %	v_0 м/с
Пластины	5,9	36	0,08	5,2	40	0,072	5,9	38	0,08	5,4	56,7	0,075	6,3	67,9	0,075
Параллелепипеды	5,9	42	0,1	5,95	30	0,1	5,9	36	0,1	6	24,3	0,1	5,9	17,9	0,1
Кубы	4,5	2	0,095	6	13,3	0,105	6	12	0,105	–	–	–	6,5	3,6	0,11
Иглы	5,2	10	0,095	4,5	6,7	0,088	–	–	–	5,3	8,1	0,096	5,9	3,6	0,104
Пирамиды	3,8	10	0,112	4,6	10	0,112	3,8	14	0,112	3,5	10,8	0,1	3,4	7,1	0,094
Показатель стабильности $C_т$		1,72			1,67			1,75			1,65			1,58	

а самые плохие у шаровой мельницы (I,75). При выборе оборудования для подготовки угля к гидротранспортированию по трубопроводам надо учитывать этот фактор и предпочтительнс принимать сочетание: валковая дробилка для крупного помола, а затем для мелкого - дезинтегратор.

Если установить для крупного помола шаровую мельницу, а на второй стадии для мелкого помола тоже шаровую мельницу с другим составом шаров, то полученная из такого угля гидросмесь будет обладать самой плохой седиментационной устойчивостью. Для ее транспортирования необходимо применять стабилизирующие химические добавки, в противном случае критическая скорость для такой гидросмеси будет иметь большие значения, чем у смесей, полученных помолом другими способами.

Выводы

Сокращения количества перекачных насосных станций на магистральных пульпопроводах можно добиться за счет уменьшения коэффициента сопротивления трубопровода, зависящего от концентрации твердой фазы, гранулометрического состава и седиментационной устойчивости смеси, а также от физико-химических свойств воды, твердой фазы и материала стенок трубопровода. Уменьшение числа насосных станций в гидротранспортных системах достигается также увеличением напора оборудования, установленного на перекачных станциях, и уменьшением пересеченности трассы магистрального пульпровода.