

технологическим схемам недостатков и повысить эффективность закладочных работ.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закладочное хозяйство шахт и рудников / А.Г. Джваршенвили, В.А. Силагадзе, А.К. Инашвили, Ш.В. Шавгулидзе. - М.: Недра, 1978. - 280 с

2. Капитонов В.Н., Оганезов Э.С. Опыт добычи угля с закладкой выработанного пространства на шахтах Карагандинского угольного бассейна // Основные направления развития технологии и средств механизации и автоматизации закладочных работ на угольных шахтах ПО «Прокопьевскуголь»: Материалы заседания секции подземн. Разработки угля и сланца. 22 - 24 июля 1976 г. Прокопьевск. - М. : 1978. - С. 39 - 42.

3. Ключко В.М., Макаревич Ю.С., Бужин Н.К. Опыт применения пневматической закладки на шахте Ново-Центральная. - Уголь. - 1973, № 4. - с. 24 - 27.

4. Колгин А.М. Шахта им. М.Горького в XI пятилетке (опыт выемки запасов угля под Донецком) / Уголь Украины, 1985. - № 6. С. 2 - 4.

5. Беленький А.М., Макаревич Ю.С., Бужин Н.К. Добыча угля с оставлением породы в шахте. - Донецк, 1989. - 109 с.

6. Жуков В.Е., Мищенко Н.В., Коришев С.Б. Экспериментальная проверка возведения закладочного массива без присутствия людей // Уголь Украины, 1986. - № 6. - С. 16 - 18.

УДК 622.648.232.22:621.6.035

В.Д. Шурыгин, Е.В. Семененко

### ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО МАГИСТРАЛИ ГИДРОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

В роботі аналізується схеми послідовного компонування насосів при гідротранспортуванні матеріалу з пористими агломератами у кускових фракціях, що

руйнуються. Подані переваги схеми "насос в насос" та теоретичне обґрунтовано розміщення насосів за цією схемою. Іл. 2. Табл. 1. Бібліогр.: 7 найм.

Системы гидравлического трубопроводного транспорта являются универсальными, комплексными техническими средствами для перемещения жидких, твердых и сыпучих материалов. На сегодняшний день гидротранспортные комплексы успешно эксплуатируются в горнорудной, угольной, металлургической и химической промышленности. Низкие, по сравнению с традиционными видами транспорта, удельные транспортные расходы при гидротранспорте (табл. 1) позволяют предположить, что в ближайшей перспективе напорное гидротранспортирование найдет широкое применение во многих отраслях народного хозяйства [1-3]. Немаловажным фактором при этом являются возможности дальнейшей оптимизации гидротранспортных систем по пути снижения энергоемкости.

Таблица 1

Вид транспорта	Удельные транспортные расходы на перемещение угля
Напорный гидротранспорт	100 %
Железнодорожный	202 %
Подвесная дорога	316 %
Ленточный конвейер	916 %

При гидротранспортировании россыпей от места добычи к месту обогащения наибольшее распространение получила схема при которой все насосы располагаются на головной станции, когда выходной патрубок одного насоса присоединяется непосредственно к входному патрубку последующего. Такая схема расположения получила название "насос в насос" и всегда характеризовалась высокими энергетическими затратами, [2-4].

Альтернативой схеме "насос в насос" можно считать схему, когда часть насосов располагается в здании промежуточной насосной станции (бустерной) на некотором удалении от головной. Будем называть такую схему "насос - бустерная". Однако это схема не получила широкого

распространения из-за необходимости строительства промежуточной насосной станции.

Проанализируем параметры насосного оборудования для каждой из схем.

Одной из особенностей гидротранспортных комплексов данного назначения является существенная неоднородность транспортируемой гидросмеси. Согласно [4-5] при гидротранспортировании титанцирконовых россыпей, наряду с частицами тонкой (-0.075+0.15 мм) и мелкой (-0.15+3 мм) фракций, в трубопровод могут поступать частицы кусковой фракции крупностью -3+100 мм. Кусковые фракции содержат пористые агломераты слабосцементированного песчаника, которые подвержены пропитыванию несущей жидкостью и дезинтеграции в процессе гидротранспортирования. Это оказывает существенное влияние на параметры насосного оборудования.

Напор, развиваемый насосом при работе на разнофракционной гидросмеси, определяется по формуле [4,6]:

$$H = H_o \frac{\rho_r}{\rho_o} \left( 1 - 0.05 K_s K_r \frac{\rho_r - \rho_o}{\rho_r} \right),$$

где  $H_o$  - напор насоса при работе на воде;  $\rho_r$ ,  $\rho_o$  - плотность соответственно гидросмеси и воды;  $K_r$  - коэффициент, зависящий от марки насоса;  $K_s$  - коэффициент, учитывающий воздействие транспортируемого материала. Величина  $K_s$  определяется гранулометрическим составом материала, [6]:

$$K_s = 0.07 R_1 + 0.79 R_2 + 1.86 R_3,$$

где  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  - соответственно содержание в транспортируемом материале тонких, мелких и кусковых фракций, в долях единицы. С учетом последнего выражения и формулы для плотности гидросмеси [1-2], напор насоса, при работе на гидросмеси будет определяться согласно:

$$H = H_o \left( 1 + Ar \sum_{i=1}^3 (1 - 0.05 K_r K_s) S_i \right), \quad (1)$$

где  $S_i$  - концентрация фракций гидросмеси, в долях единицы;  $Ar = (\rho_m - \rho_o) / \rho_o$  - параметр Архимеда. Выбор насоса для гидротранспортных

комплексов осуществляется по величине необходимого напора. Так, при необходимом напоре  $H_n$  выбирается насос, развивающий на воде напор:

$$H_o = H_n \left( 1 + Ar \sum_{i=1}^3 (1 - 0.05 K_r K_s) S_i \right)^{-1} \quad (2)$$

Экспериментальные исследования [1,2,6,7] показали, что при гидротранспортировании материала, содержащего кусковые фракции, в результате их дезинтеграции гидравлический уклон существенно изменяется на начальном участке магистрали. Анализ этого процесса позволил предложить разбить магистраль гидротранспортного комплекса на два участка: начальный и стационарный. На первом происходит уменьшение гидравлического уклона от начального до некоторой величины, после чего, на стационарном участке, величина его практически не изменяется. С учетом этого, необходимый напор можно представить в виде:

$$H_n = h_1 + h_2 + h_o - h_a,$$

где  $h_1, h_2$  - потери напора соответственно на начальном и стационарном участках;  $h_o$  - остаточный напор;  $h_a$  - напор на входе в магистраль.

Если гидротранспортирование осуществляется по схеме "насос в насос", когда кусковые фракции проходят через все насосы, то напор каждого из насосов будет определяться по формуле (2). Если второй насос разместить в начале стационарного участка, когда кусковые фракции будут проходить только через первый насос, то напор каждого из насосов будет определяться так:

$$H_o^{(1)} = \frac{h_1 + h_k - h_a}{1 + ArS - 0.05 K_s Ar (S_1 K_1 + S_3 K_3)}, \quad (3)$$

$$H_o^{(2)} = \frac{h_2 + h_o - h_k}{1 + ArS - 0.05 K_s Ar S K_1}, \quad (4)$$

где  $H_o^{(1)}, H_o^{(2)}$  - напор соответственно первого и второго насосов при работе на воде;  $h_k$  - напор на входе во второй насос, обеспечивающий безкавитационный режим его работы. Очевидно, что в случае схемы "насос - бустерная", второй насос будет работать в более выгодных условиях, чем первый. Он перекачивает гидросмесь, содержащую частицы

меньшей крупности. На рисунке 1 показано, насколько напор, передаваемый потоку, при гидротранспортировании тонкой фракции больше, чем при гидротранспортировании мелких (А) и кусковых (В) в зависимости от концентрации гидросмеси.

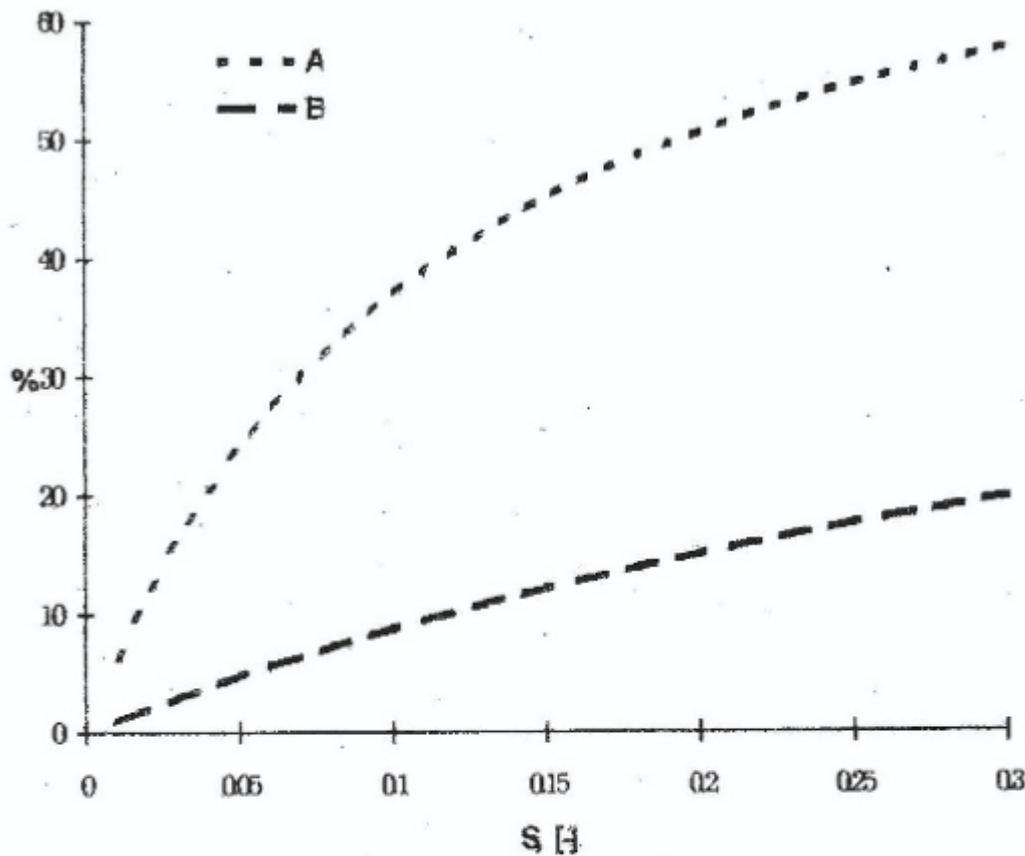


Рисунок 1.

Оценим, какая из схем расположения насосов будет требовать для гидротранспортирования меньший напор:

$$\Delta H = H_0 - H_0^{(1)} - H_0^{(2)}.$$

После некоторых преобразований получаем:

$$\Delta H = \frac{(h_2 + h_0 - h_H) \cdot 0.05 K_p Ar S_3 (K_3 - K_1)}{[1 + ArS - 0.05 K_p Ar (S_1 K_1 + S_3 K_3)] (1 + ArS - 0.05 K_p Ar S K_1)}.$$

С учетом выражения (4) будет:

$$\Delta H = \frac{H_0^{(2)} \cdot 0.05 K_p Ar S_3 (K_3 - K_1)}{[1 + ArS - 0.05 K_p Ar (S_1 K_1 + S_3 K_3)]} \quad (5)$$

Легко убедиться, что величина  $\Delta H$  всегда положительна. Преимущество в мощности, потребляемой насосным оборудованием, будет:

$$\Delta N = \frac{N_o^{(2)} 0.05 K_p Ar S_3 (K_3 - K_1) (1 + Ar S)}{[1 + Ar S - 0.05 K_p Ar (S_1 K_1 + S_3 K_3)]} \quad (6)$$

На рисунке 2 показаны относительные преимущества в напоре (H) и мощности (N) насосного оборудования в зависимости от концентрации гидросмеси.

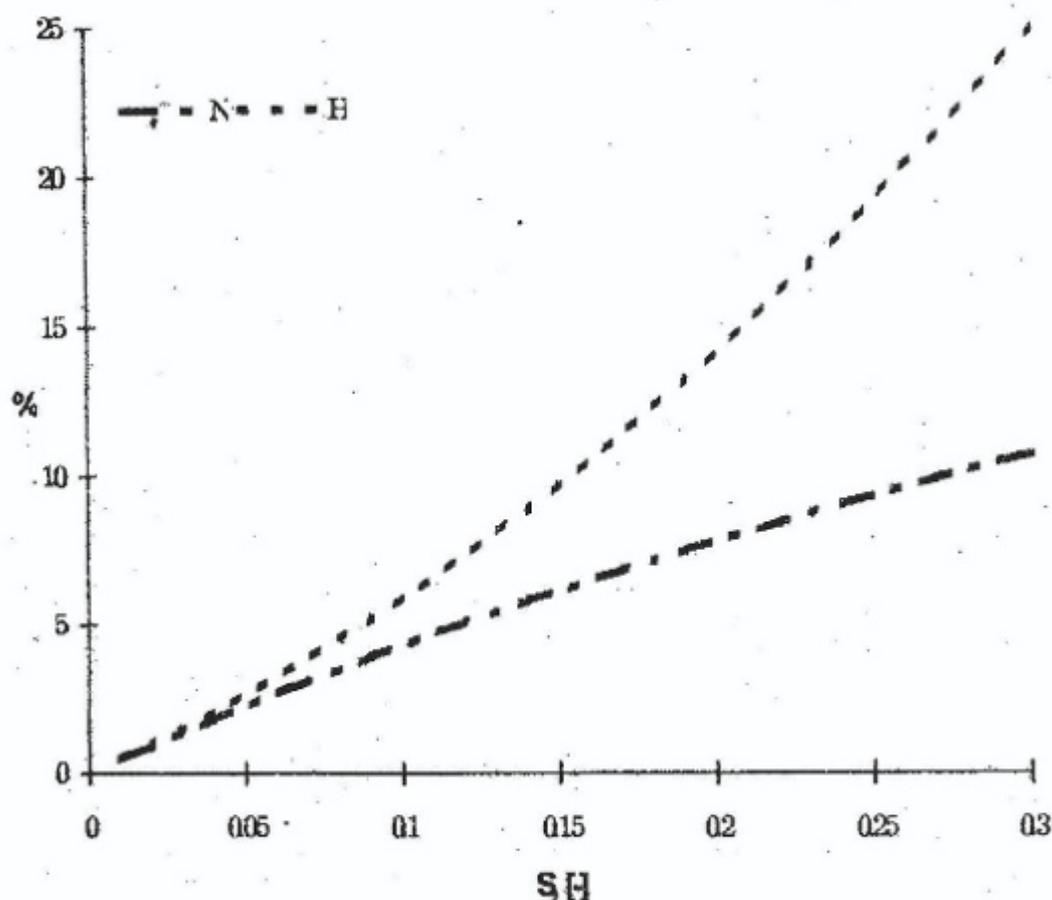


Рисунок 2.

Формулы (5) и (6), а также рисунок 2 свидетельствуют в пользу применения схемы "насос - бустерная" для гидротранспортирования россыпей на обогатительное производство. Применение этой схемы позволяет снизить энергозатраты на гидротранспортирование путем размещения на бустерной насосов меньшей мощности, чем на главной пульпонасосной станции. При этом согласование параметров насосов двух

станций наиболее эффективно осуществлять изменением частоты вращения насоса бустерной при помощи специального редуктора.

В случае, если начальный участок составляет большую часть магистрали, бустерную станцию целесообразно размещать посередине магистрали или на  $2/3$  ее длины от главной пульпонасосной станции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дробаденко В.П., Сысоев В.Н. Трубопроводный транспорт твердых материалов. - М.: Знание, 1980. - 64 с. - (новое в жизни, науке, технике. Сер. "Транспорт"; N°10).

2. Смолдырев А.Е. Гидро- и пневмотранспорт в металлургии. - М.: Металлургия, 1985. - 383 с.

3. Покровская В.Н. Трубопроводный транспорт в горной промышленности. - М., Недра, 1985. - 191 с.

4. Нурок Г.А. Процессы и технологии гидромеханизации открытых горных работ. - М.: Недра, 1985. - 583 с.

5. Фитерер В.В., Блюсс Б.А. Проблемы гидротранспорта россыпей на обогатительное производство // Металлургическая и горнорудная промышленность. - 1994, N°1. С.50 - 51.

6. Справочник гидромеханизатора / Зелепукин Н.П. и др. - Киев.: Строитель, 1969. - 357 с.

7. Основы управления гидроэнерготранспортными системами угольных шахт / В.И. Груба, Ф.А. Папаян, Э.К. Никулин, А.С. Оголобченко; Под. ред. В.И. Грубы; ДПИ, НТЦ Гидромеханизации "НУМЕС". - Донецк, 1993. - 225 с. - Библиограф.: С.204-225.

УДК 622.275.888.8

К.К.Софийский, В.А.Нечитайло, Е.А.Воробьев

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ШАХТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ВИБРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА В РАЗЛИЧНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Приведено результати дії віброгідрравлічного пристрою на масив гірничих порід, сформульовано рекомендації по їх розробці та використанню. Бібліогр. : - 4 найм.