Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова, 1985, т. 97

УДК 622.693.4

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ РУДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ НА ДАЛЬНЕЕ РАССТОЯНИЕ

Ю.Н.ГУЛЯЕВ, А.С.МЕДВЕДЕВ

За последнее время все большее распространение получает гидравлический транспорт мелкофракционных материалов на расстояние в десятки, сотни, а иногда и тысячи километров. В СССР построено и проектируется несколько гидротранспортных линий на дальнее расстояние. Широко используемые для перекачки пульпы центробежные грунтовые насосы обладают большой производительностью, но развивают сравнительно небольшой (до 0,6-0,8 МПа) напор, что ограничивает дальность транспортирования, так как требует строительства большого количества промежуточных перекачных насосных станций, отстоящих друг от друга на расстояние 3-5 км (в зависимости от рельефа местности). Поэтому при дальнем транспорте целесообразно использовать насосы объемного типа с напором 10 МПа, а для снижения расхода пульпы необходимо ее предварительно сгущать до объемной концентрации 0,25-0,35.

Насосы объемного типа не находили широкого применения по ряду причин. Наиболее существенны из них следующие: относительно малая по сравнению с центробежными насосами производительность; малая надежность работы элементов гидравлической части (поршень-цилиндр, клапанная группа, штоки, уплотнения и др.); снижение рабочих параметров из-за гидроабразивного износа трущихся поверхностей; большая точность и чистота обработки поверхностей отдельных узлов и деталей; большие размеры, металлоемкость и относительная сложность конструкции.

В последние годы в отечественной и зарубежной практике появились работы по исследованию возможности использования объемных насосов в системах гидротранспорта. В таких насосах для уменьшения гидроабразивного износа элементов поршневой группы используют разделительные жидкости (чистая вода или масло) или специальные дополнительные ополаскивающие насосы. Так, на Норильском ГМК построена гидротранспортная линия для продуктов Талнахской обогатительной фабрики протяженностью транспортирования до 30 км, которая эксплуатируется с октября 1979 г. Для перекачки пульпы используются плунжерные насосы фирмы „Ингерсолл Ренд", имеющие производительность 300-400 $м^3/ч$ и напор 10 МПа. Опыт эксплуатации их показал, что клапанные и плунжерные группы этих насосов также имеют невысокие показатели надежности: для клапанной группы средняя наработка на

отказ составляет 550–660 ч, плунжерной – 1250–1550 ч, для сальников 500–700 ч. Опыт эксплуатации насосов „Ингерсолл Рэнд" на Норильском ГМК показал, что основными причинами снижения долговечности деталей является наличие твердых частиц в промывочной воде и нарушение герметичности обратных клапанов при попадании между седлом и клапаном щепы и твердых частиц размером более 1 мм.

Для увеличения срока службы быстроизнашивающихся деталей на Норильском ГМК проведены работы по улучшению качества промывочной воды за счет предварительного ее отстаивания и выделения из пульпы твердых включений размером более 1 мм.

Применение гидравлического транспорта дает большой экономический эффект по сравнению с другими его видами. Однако гидротранспорт обладает рядом специфических особенностей, обусловленных скоростью движения потока пульпы, ее концентрацией и фракционным составом транспортируемого материала [1, 2].

Наибольшего внимания заслуживает применение гидравлического транспорта при подаче измельченной руды с ряда горных предприятий на один мощный обогатительный комплекс. При гидротранспорте на большие расстояния происходит значительное разрушение крупных и средних фракций, и, как следствие, увеличение содержания мелких за счет интенсивного турбулентного перемещения. Поэтому в конце гидротранспортной линии пульпа приобретает новые свойства.

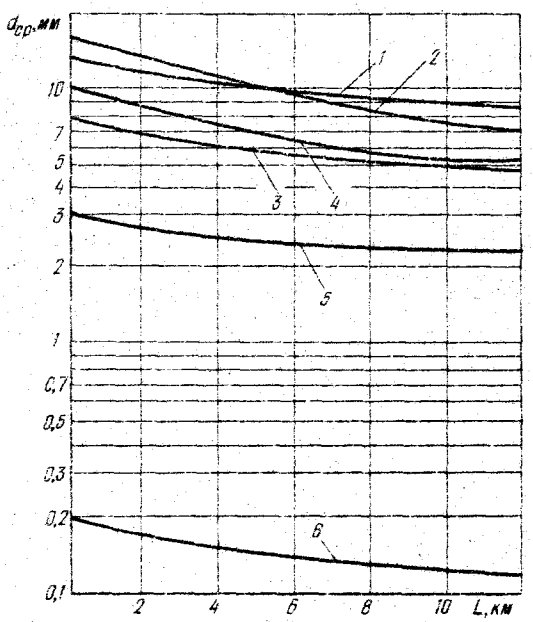


Рис.1. Графики зависимости средневзвешенного диаметра транспортируемого материала $d_{ср}$ от дальности транспортирования L
1 и 2 – известняки с твердостью по шкале Мооса соответственно 4,2 и 2,8; 3 и 4 – уголь с твердостью соответственно 2,2 и 1,8; 5 – кварцевый песок; 6 – хвосты Зангезурского медно-молибденового комбината

В результате проведенных в Ленинградском горном институте исследований установлено, что основными параметрами, определяющими интенсивность измельчения, являются скорость потока пульпы, крупность и концентрация ее твердой фазы.

Анализ графиков (рис.1) показал, что наибольшая интенсивность разрушения и, соответственно, измельчение транспортируемого материала наблюдается на первых километрах, для менее твердых (твердость по шкале Мооса 1,8–2,8) материалов диапазон интенсивного измельчения увеличивается до 3–4 км, причем

с увеличением расстояния разрушение затухает, а гранулометрический состав транспортируемого материала становится практически стабильным. Таким образом, при большой длине транспортных линий необходимо транспортировать материал при минимальных скоростях, т.е. в критическом режиме, при котором значительно снижается интенсивность измельчения исходного материала и гидроабразивный износ внутренней поверхности стенок пульповодов. При расчетах гидравлических сопротивлений необходимо гидротранспортную линию разбить на ряд участков и учитывать изменения гранулометрического состава транспортируемого материала и живого сечения пульповодов.

Критическая скорость

$$U_{кр} = \frac{\delta \rho_в}{\rho_н} \sqrt{(1 - e^{-\delta}) D (1 \pm \sin\alpha)},$$

где $\rho_в$ – плотность воды; $\rho_н$ – плотность несущей среды, $\rho_н = \rho_в + n S (\rho_т - \rho_в)$; n – доля частиц диаметром менее $d_{гр}$; $d_{гр}$ – диаметр граничного зерна, м, $d_{гр} = 10^{-4} \rho_в / (\rho_т - \rho_в)$; $\rho_т$ – плотность твердых частиц; δ – параметр, учитывающий характер измельчения материала, $\delta = 100 S d_{ср}^{0,5} = \left(\frac{\rho_т - \rho_н}{\rho_н}\right)^2$; S – объемная концентрация твердых частиц в пульпе; $d_{ср}$ – средневзвешенный диаметр твердых частиц; D – диаметр трубопровода; α – угол наклона трубопровода; знак плюс и минус – для выходящих и нисходящих пульповодов соответственно.

Гидравлическое сопротивление движению потока пульпы

$$J = \left[0{,}87 \ln\left[\left(\frac{6{,}81}{Re}\right)^{0,9} + 20nS + \frac{0{,}27\Delta}{D} + \frac{10^{-4}\delta}{D}\left(\frac{U_{сл}}{U}\right)^4\right]\right]^{-2} \frac{\rho_н U^2}{2D}, \quad \frac{Па}{м}, \quad (2)$$

где Re – число Рейнольдса, $Re = UD/\nu$; U – средняя скорость движения потока пульпы; ν – кинематический коэффициент вязкости воды; Δ – абсолютная шероховатость пульповодов, для шлифованных труб $\Delta = 0{,}02$ мм.

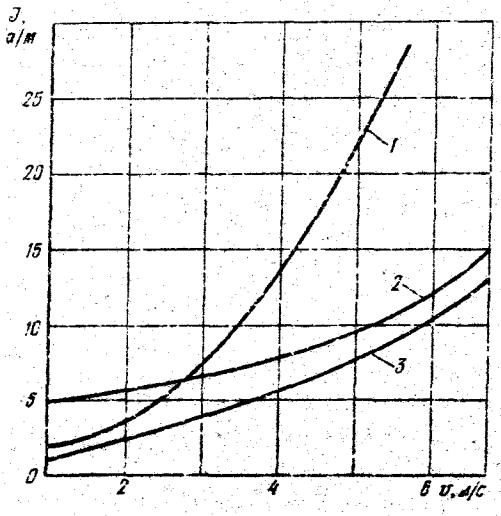


Рис.2. Графики изменения гидравлических сопротивлений в зависимости от скорости транспортирования
1 и 2 – пульпа с содержанием частиц диаметром меньше $d_{гр}$ 100 и 0 %; 3 – вода

Влияние концентрации пульпы на интенсивность разрушения транспортируемого материала зависит от гранулометрического состава материала и его физико-механических свойств. Если пульпа содержит однородные по крепости и мелкофракционные материалы, интенсивность разрушения увеличивается незначительно. При высоком содержании в пульпе тонкодисперсных или глинистых частиц интенсивность разрушения снижается. Более мягкие материа-

лы (рис.I) разрушается интенсивно, при этом в пульпе резко увеличивается содержание мелких фракций, что приводит к резкому увеличению гидравлических сопротивлений и закупорке пульповодов.

Из анализа графиков (рис.2) следует, что при проектировании гидротранспортных линий следует учитывать деструкцию твердой фазы пульпы, особенно для материалов крепости меньше средней (уголь, мягкие породы), так как гидравлические сопротивления при этом могут возрасти в 2-3 раза.

Выводы

I. При проектировании гидротранспорта на дальнее расстояние целесообразно использовать насосы объемного типа.

2. Основной особенностью процесса гидравлического транспортирования на дальнее расстояние является измельчение транспортируемого материала, интенсивность которого определяется скоростью транспортирования, концентрацией и физико-механическими свойствами транспортируемого материала, поэтому при расчете гидротранспортных линий большой протяженности необходимо учитывать деструкцию транспортируемого материала.