

УДК 622.693.4

ОСОБЕННОСТИ ИЗНОСА КАСКАДНЫХ УСТРОЙСТВ И СПОСОБЫ ИХ ЗАЩИТЫ НА СЛОЖНЫХ ТРАССАХ

В.Н.ПОКРОВСКАЯ, Л.Г.ГАМБАРЬЯН,
Е.В.СЕРГЕЕВ

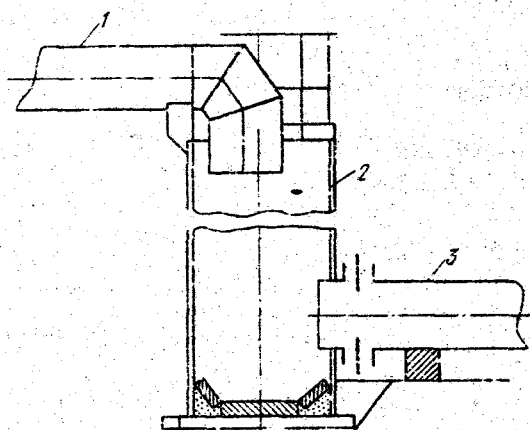


Рис.1. Элемент каскадного устройства
1 - вход в колодец; 2 - колодец; 3 - выход из колодца

Одним из вариантов гидротранспорта сыпучих материалов в сложных горных условиях являются каскадные устройства, позволяющие подавать пульпу с большой высоты. Такие устройства применяют в США, на Кубе, в Китае, в Чили. Аналогичная система применяется в СССР на Тырнаузском ГМК.

Гидротракт, состоящий из двух ниток колодцев (по 125 в каждой нитке) с выходными трубами (рис.1), проходит по склону, представляющему скальные пороссы.

По длине трассы линия гидротранспорта имеет сложный продольный профиль. Колодцы установлены на бетонные подушки, а трубы опираются на опоры и колодцы. Элементы гидротракта характеризуются следующим образом:

	Материал	Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Высота, м	Длина, м
Колодец	Ст 3	1800	18	3-5	-
Труба	Ст 3	800	10	-	3-15

Параметры транспортирования пульпы характеризуются следующими соотношениями: объемная концентрация гидросмеси $c_v = 0,12$, плотность пульпы $\rho_d = 1,25 \text{ т/м}^3$, длина трассы 1400 м, перепад высот $H = 600 \text{ м}$.

При эксплуатации этой системы в условиях Тырнаузского ГМК выяснилось, что ряд элементов системы подвержен интенсивному гидроабразивному износу. Это может привести к выходу из строя отдельных элементов, возникновению аварийной ситуации, нарушению ритмичности работы транспортной ли-

нии и последующих технологических звеньев. Поэтому решение проблемы гидроабразивного износа в данных условиях имеет немаловажное значение. В связи с этим в отраслевой научно-исследовательской лаборатории гидро-транспорта Ленинградского горного института были выполнены исследования гидроабразивного износа элементов гидротранспортной системы с целью разработки рекомендаций по повышению долговечности оборудования и надежности работы транспортной линии на Тирнауэвском ГМК.

При проведении исследований использовался метод микрометража, при котором износ определяется периодическими измерениями толщины стенки труб или колодцев. Критерием интенсивности износа в точке служит $\delta_1 - \delta_2 = \Delta$, где δ_1 и δ_2 - толщины стенок, замеренные через некоторый интервал времени. В качестве измерительного прибора использовался ультразвуковой импульсный толщиномер «Кварц-6», предназначенный для определения толщины стенок металлических резервуаров, магистральных трубопроводов и других металлических конструкций при одностороннем доступе без нарушения целостности измеряемой поверхности и технологического процесса.

При строительстве гидротракта были нарушены некоторые геометрические соотношения в расположении элементов: зафиксированы отклонения от проектных уклонов при укладке некоторых выходных труб, нарушена ориентация гусака относительно продольной оси колодца, имеют место смещения входных участков. Кроме того, в результате подмыва опор некоторых колодцев произошло смещение отдельных звеньев транспортных линий. Все это приводит к тому, что поток пульпы падает не на гидropодушку, образованную слоем пульпы на дне колодца, а на его стенки, в результате чего они подвергаются интенсивному гидроабразивному износу (рис.2).

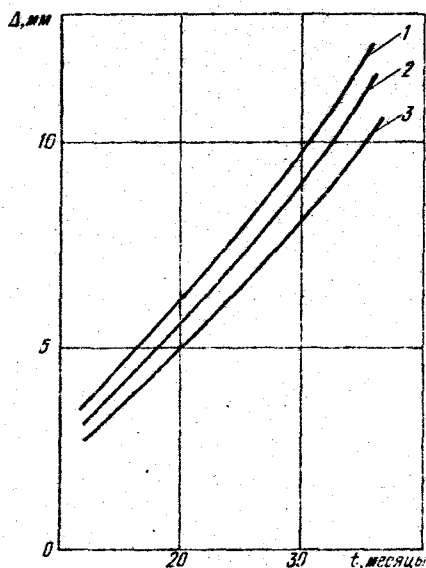


Рис.2. Зависимость износа Δ от времени
1 и 2 - износ задней и передней стенок колодца соответственно; 3 - износ обеих стенок

Процесс гидроабразивного износа элементов гидротранспорта обусловлен динамическим воздействием струи пульпы, выходящей из трубопровода и падающей на стенки колодца. Как показали визуальные наблюдения, следует различать три струйные части струи: компактную, раздробленную и распыленную.

В компактной части сохраняется сплошность потока, струя имеет цилиндрическую или близкую к ней форму; в раздробленной части струи сплошность потока нарушается, она разрывается на крупные части и расширяется. Распыленная часть струи состоит из отдельных рассеивающихся капель. На стенки колодца струя падает раздробленной или распылен-

ной части под некоторым углом α . Распределение износа по периметру колодца зависит от формы, траектории и направления струи, а также от стадии ее распада. На распределение износа существенно влияют и режимы работы установки, так как при колебаниях производительности гидротранспортной линии меняется величина и форма поперечного сечения потока (при незаполненных трубопроводах), что меняет характер падения струи. На форме струи и на интенсивности износа колодцев сказывается и степень заполнения колодца, от которой зависит характер истечения струи из колодца, траектория частиц жидкости в самом отверстии и энергетический потенциал струи.

Обобщение данных по гидроабразивному износу элементов системы показало, что интенсивность износа трубопроводов и колодцев различна. Выходные трубы практически не подвержены износу, так как течение пульпы по ним происходит с незначительными скоростями и нижняя часть стенки трубы защищена от износа небольшим слоем заиливания, величина которого в значительной степени обусловлена режимом транспортирования. Колодцы подвержены значительному износу, величина и распределение которого имеет неравномерный характер, как в продольном, так и в поперечном сечении колодца. Распределение износа по продольному и поперечному сечению колодцев характеризуется изменением линейного износа в этих сечениях.

Анализ экспериментальных данных, а так же причин обуславливающих износ колодцев, позволил сделать вывод, что основным фактором, определяющим неравномерность распределения износа в сечениях колодцев, является форма и направление струи пульпы, выходящей из гусака. На величину энергии удара струи пульпы о стенку существенно влияет контактный угол. Распределение износа характеризуется углом износа α , меняющимся от 60° до 230° (рис. 3).

В то же время колодцы изнашиваются неравномерно и по высоте (рис. 4). Зоны максимального износа находятся на расстоянии 1,5–4,5 м от верха колодца. При этом, чем больше это расстояние, тем больше интенсивность износа в этой точке, так как скорость растет с увеличением высоты падения струи и соответственным ростом энергии удара.

Как показал анализ, элементы правой (рабочей) нитки изношены значительно больше, чем левой. Это объясняется постоянной ее эксплуатацией при расходах пульпы от 60 л/с до 420 л/с. В то время как по левой нитке сбрасываются шланги полов корпуса саморазмельчения (КШ) с включением графитового материала. По нашему мнению, для нормальной эксплуатации обеих ниток необходимо использовать в качестве рабочей обе нитки попеременно. Это позволит планомерно осуществлять ремонтно-профилактические мероприятия на гидротракте. Однако, в настоящее время использование такой возможности значительно затруднено из-за отсутствия пулльподелителя.

Обобщение результатов экспериментальных исследований, выполненных в натурных условиях на Тирннатском ГМК показало следующее.

При работе системы гидротранспорта в зависимости от монтажа труб, конструктивных особенностей каждого звена транспортной цепи и режима

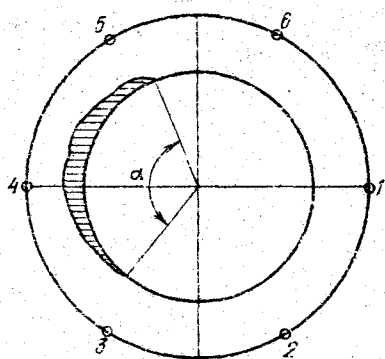
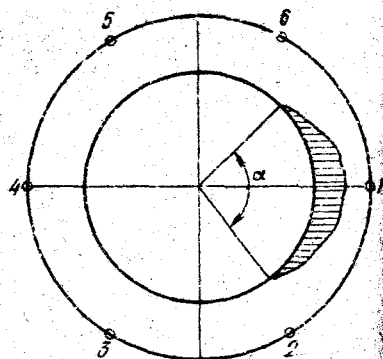
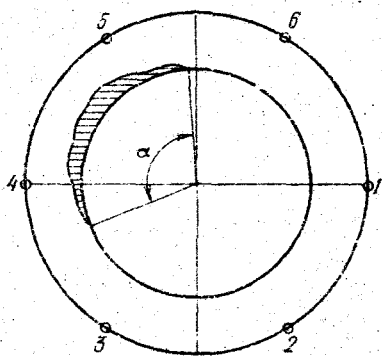
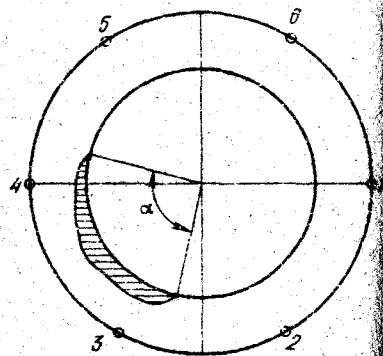
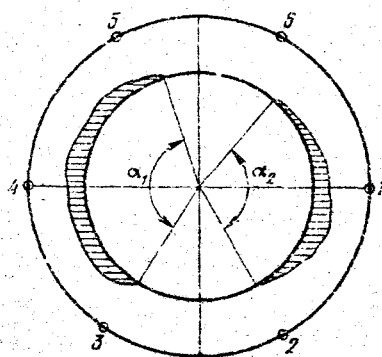
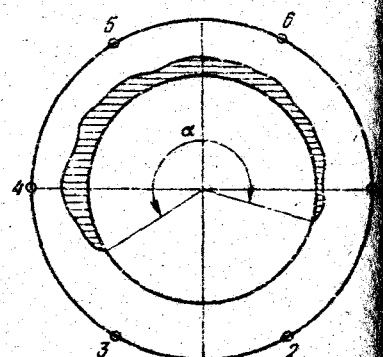


Рис.3. Распределение износа в поперечном сечении колец (зоны износа заштрихованы)
1-6 - точки замера

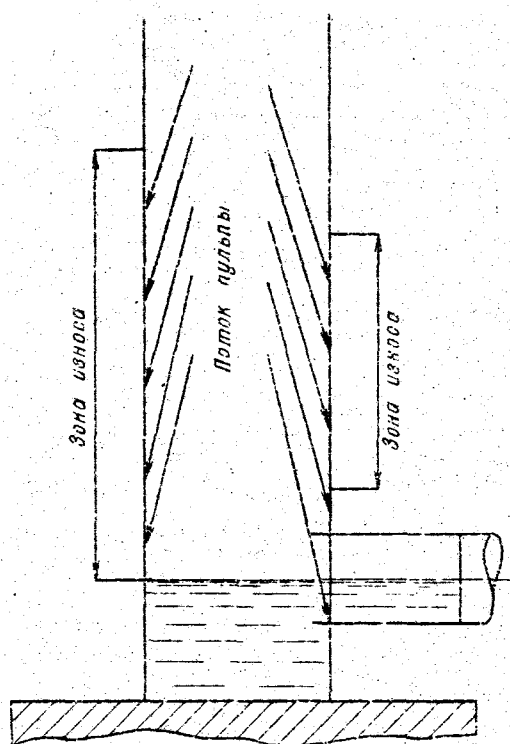


Рис.4. Распределение износа по высоте колодца

транспортирования струя пульпы в основном падает или на переднюю, или на заднюю, или на обе вместе. От характера падения струи и от степени гидродинамического воздействия ее на стенки колодцев зависит интенсивность износа и его распределение в поперечных сечениях и по высоте колодцев. На основании изучения результатов патентного поиска и исследований в этой области нами были разработаны предварительные рекомендации по повышению долговечности элементов гидротракта и надежности работы системы.

Рассмотрена возможность создания бетонной рубашки толщиной 100–150 мм вокруг колодца. По форме в поперечном сечении она может быть как круглой, так и эллипсоидальной. В том и другом случае требуется создание технологии армирования колодцев и соответствующей формы опалубки.

Бетонная рубашка приведет к упрочению колодца, предотвратит истечение пульпы в местах износа металлической поверхности колодца, кроме того зазор между бетонной и металлической стенкой колодца, заполненной сгущенной пульпой, дополнительно предотвратит ее истечение на рельеф. Высота бетонной оболочки для каждого колодца будет определяться распределением износа по высоте колодца.

Преимущество этого способа заключается в его простоте, отсутствии контакта поверхности бетона с потоком, что предотвращает возможность закупорки системы при разрушении армировки.

В то же время этот способ значительно утяжеляет конструкцию, что может привести к нарушению устойчивости опор колодцев и их сползанию по склону.

Кроме этого, можно рекомендовать создание внутреннего защитного покрытия. Заслуживает внимания футеровка плитками из качественного литья и шлакоситалла, базальта, а так же вкладыши из различных материалов. Вкладыши могут быть выполнены из металла, железобетона, каменного литья, различных пластических материалов. При этом вкладыши могут быть наборными

(выполненными в виде отдельных колец), так и сплошными (на всю высоту колодца).

Футеровка из плиток обладает достаточной износостойкостью, может повысить долговечность системы при качественной укладке и их креплении к внутренней поверхности колодца. Тем не менее подобная футеровка обладает рядом недостатков, к которым следует отнести высокую трудоемкость, отсутствие гарантий качественной укладки и крепления плиток, возможность отделения плиток от стенок при эксплуатации, что может привести к закупорке системы.

В отличие от плиток установка вкладышей является более технологичной и обеспечивает большую надежность. Большими преимуществами обладают сплошные вкладыши (гильзы) из металла и пластмасс, так как они могут быть оборудованы поворотным устройством, расположенным в верхней торцевой части колодца, которое при неравномерном распределении износа в поперечных сечениях колодцев, дает возможность многократно их использовать.

Окончательная оценка предлагаемых способов и средств защиты может быть произведена после опытно-промышленной проверки в условиях Тирнауского ГМК. Ожидаемый экономический эффект от внедрения рекомендаций составит 60 тыс.руб в год.