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

УДК 622.648

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ ГИДРОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

А.Н.ФРАКМАН

Одним из существенных элементов, определяющих надежность работы гидротранспортных систем, является их линейная часть – магистральные трубопроводы. Срок службы трубопроводов – один из основных критериев оценки надежности – зависит от степени гидроабразивного износа их стенок.

Повышение долговечности трубопровода может быть достигнуто следующими способами: применением специальных труб с неравномерной толщиной стенок; повышением износостойкости материалов труб; созданием защитного слоя между изнашиваемой поверхностью трубопровода и потоком гидросмеси; проведением профилактических мероприятий в процессе эксплуатации. Трубопроводы с неравномерной толщиной стенок целесообразно применять в местах интенсивного гидроабразивного износа, например, на поворотах. Внешний радиус закруглений испытывает усиленный износ и его необходимо утолщать. Опытно-производственные данные показывают, что такие трубопроводы служат в I,5–2 раза дольше.

Повышение износостойкости трубопроводов может быть обеспечено применением износостойких материалов и их закалкой. Например, трубы из стали СТ-45 имеют износостойкость в I,5–I,8 раза большую, чем из СТ-3, а применение высокочастотной закалки увеличивает их износостойкость еще в 2–2,5 раза. Особый интерес представляет использование для изготовления труб неметаллических материалов – базальта, шлакоситалла и специального стекла. По сравнению с трубами из СТ-3 коэффициент их износостойкости равен соответственно I9; 34; 20. Повышение срока службы трубопроводов может быть достигнуто также за счет создания защитного слоя между потоком гидросмеси и поверхностью трубопровода. Существенного эффекта можно достичь применением корундирования и гуммирования внутренней поверхности трубопроводов, а также их наплавкой. При этом повышение срока службы по сравнению со стальными трубами достигает, соответственно I2; 7 и 5. Все указанные способы повышения износостойкости трубопроводов дают эффект при их централизованном изготовлении, так как при кустарном изготовлении их стоимость очень высока.

Непосредственно на промышленных площадках высокого эффекта можно достичь при помощи профилактического поворачивания труб. Профилактическое поворачивание трубопроводов обеспечивает увеличение их срока службы

в I,5-2 раза при небольших дополнительных затратах и является наиболее доступным и эффективным способом.

Для проведения профилактических поворачиваний трубопроводов необходимы следующие мероприятия: проведение периодического контроля толщины стенок трубопроводов ультразвуковыми толщиномерами; составление схемы расположения трубопроводных линий с отметками времени укладки труб, сечений, в которых производятся замеры толщины стенок, и графика замеров; расчет оптимальных углов поворотов трубопроводов; составление плана последовательности поворота и замены труб. Замеры толщины стенок трубопровода необходимо производить не менее, чем в 25 сечениях, плоскость которых перпендикулярна продольной оси трубопровода. Рекомендуемое расстояние между сечениями 50-I00 м, количество точек замера в каждом сечении I2. Для обеспечения повторных замеров в тех же точках необходима их разметка (например, при помощи краски).

Методика расчета оптимального угла поворота трубопроводов[x] состоит в следующем.

После проведения замеров толщины стенок трубопровода производится осреднение результатов по сечениям и определяется характерная эпюра износа данного трубопровода. Средняя толщина стенки трубопровода в i-й точке сечения определяется по формуле

$$d_i = \sum_{n=1}^{N} \frac{d_{in}}{N} ,$$

где d_{in} - толщина стенки трубопровода в i-й точке n-го сечения, мм; N - количество сечений на данном трубопроводе.

Затем определяется осредненная величина износа стенок трубопровода $S_i = \delta - d_i$ (здесь δ - начальная толщина стенки трубы, мм).

Пусть пульповод проработал B суток. За этот срок средний износ пульповода в плоскости его поперечного сечения составил соответственно S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 и т.д. В некоторой точке износ имеет максимальное значение (например, S_5). Суммарный износ всех точек, которые будет занимать точка 5, при заданном угле поворачивания будет равен $\sum_{i=1}^{n} S_i$. Для случая поворота трубы на угол $\alpha = I20^0$

$$\sum_{i=1}^{n} S_i = S_5 + S_9 + S_1 .$$

Однако суммарный износ $\sum_{i=1}^{n} S_i$ равен износу в точке 5; 9 или I, который будет иметь место при последовательных поворотах пульповода на заданный угол через определенные промежутки времени t_α. Для наиболее эффективного использования пульповода целесообразно, чтобы за весь срок службы пульповода суммарный износ в каждой точке был равен допустимому

---

[x] Мельников В.И., Никитин В.Н. Выбор оптимального угла профилактического поворачивания труб пульповодов вокруг продольной оси. - Гидравлическая добыча угля, 1965, № 6.

Исследование гидроабразивного износа пульповодов гидротранспорта хвостов ДГМК. Отчет (ЛГИ). Руководитель работы В.Н.Покровская. № ГР 71048662. Л., 1973.

износу ($\delta - k$) (здесь k - минимально допустимая остаточная толщина трубы), т.е. ΣS_i за период между двумя поворачиваниями пульповода t_α равно S_Σ за весь срок службы пульповода: $\Sigma S_i = S_\Sigma = \delta - k$. Величину этого периода можно определить из следующей зависимости: за срок B износ равен S_Σ, за срок t_α износ равен $\delta - k$, откуда

$$t_\alpha = \frac{B(\delta - k)}{S_\Sigma} .$$

Весь срок службы пульповодов с учетом профилактических поворачиваний

$$T_\alpha = \frac{t_\alpha n}{365} ,$$

где n - число положений, которые должен занять пульповод при его поворачиваниях на угол α, $n = 360/\alpha$.

Окончательный срок службы пульповода при непрерывной работе будет определяться по формуле

$$T_\alpha = \frac{B(\delta - k) n}{S_\Sigma \cdot 365} .$$

Общие годовые затраты состоят из годовой суммы амортизации и годовых эксплуатационных расходов (расходы на поворачивание).

Годовая сумма амортизаций определяется по формуле:

$$C_1 = \frac{K}{T_\alpha} ,$$

где K - капитальные затраты (стоимость труб, монтажа и установки), руб.

Годовые эксплуатационные затраты находят по формуле:

$$Э = \frac{C_2 (n-1)}{T_\alpha} ,$$

где C_2 - стоимость I-го поворачивания труб.

Общие годовые затраты равны:

$$П = \frac{K + C_2 (n-1)}{T_\alpha} .$$

Сравнивая годовые затраты при различных углах поворачивания, легко найти целесообразный угол профилактического поворачивания, обеспечивающий наименьшие годовые затраты.