

УДК 622.693.4

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИЗНОСА ПУЛЬПОВОДОВ

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

Анализ работы гидротранспортных комплексов на предприятиях горной промышленности показывает, что до сих пор эффективность использования гидротранспорта не соответствует техническим возможностям данного вида транспортирования. Одной из главных причин этого является значительный износ линейной части гидротранспортных установок, что приводит к повышению трудоемкости работ, связанных с монтажом и демонтажом труб, и увеличению расхода труб.

Кроме того, износ имеет неравномерный характер как по периметру труб, так и по ее длине. Более интенсивно изнашиваются трубопроводы на наклонных участках, где фактический уклон в несколько раз превышает средний, а также участки трубопроводов, расположенные в непосредственной близости от насосных (на расстоянии 50-100 м), где участки с неустановившимся движением гидросмеси. Здесь интенсивность износа в 2-7 раз превышает средний износ линейной части установки, что в значительной степени затрудняет оценку сроков надежной эксплуатации гидротранспортных трубопроводов.

В этих условиях разработка методики прогнозирования интенсивности гидроабразивного износа и обоснование ресурса труб имеет большое народнохозяйственное значение.

Обоснование методики прогнозирования должно базироваться на изучении закономерностей гидроабразивного изнашивания пульповодов. С этой целью в Ленинградском горном институте на протяжении ряда лет ведутся исследования гидроабразивного износа трубопроводов, как теоретические, базирующиеся на основных положениях, разработанных В.Н.Покровской [3], С.П.Турчаниновым [4], С.П.Козыревым [2], так и экспериментальные, выполняемые в натурных условиях на действующих установках различных предприятий Министерства. Это позволило наиболее достоверно оценить влияние основных параметров гид-

ротранспортирования на интенсивность износа. При этом были обобщены результаты исследований, выполненных на 20 комбинатах в широком диапазоне изменения диаметров трубопроводов (200-1200 мм) и режимов транспортирования, что позволило разработать следующую методику прогнозирования.

Для каждой гидротранспортной установки, работающей в определенном режиме, расчетным путем определяется ожидаемая интенсивность износа пульповодов. По ожидаемой интенсивности вычисляется количество материала, который может быть пропущен через трубу на 1 мм износа. Затем определяется количество пропущенного материала до полного износа трубы и с учетом производительности установки прогнозируется срок службы пульповода. На основании этого определяется ресурс труб для данной установки.

Таким образом, для разработки метода прогнозирования нам необходимо было получить расчетные зависимости интенсивности износа и сроков надежной эксплуатации пульповодов. Анализ результатов исследований показал, что затраты энергии на гидроабразивный износ трубопроводов пропорциональны полным затратам энергии всего взвесенесущего потока, поэтому этот процесс может быть описан с помощью энергетических показателей.

Теоретическими исследованиями установлен характер зависимости интенсивности гидроабразивного износа от энергетических показателей (потерь напора) и кинематических характеристик взвесенесущего потока:

$$\Delta L = k_{из} f D u \rho_{г} I_{г} \varphi / 4 \rho_{м}, \quad (1)$$

где $k_{из}$ - эмпирический коэффициент, зависящий от потерь напора и определяющий интенсивность износа трубопроводов длиной L ; f - коэффициент, учитывающий абразивность частиц; D - диаметр трубопровода, м; u - средняя скорость транспортирования, м/с; $\rho_{г}$ - плотность гидросмеси; $I_{г}$ - потери напора; φ - коэффициент неравномерности распределения износа в поперечном сечении труб; $\rho_{м}$ - плотность металла трубы.

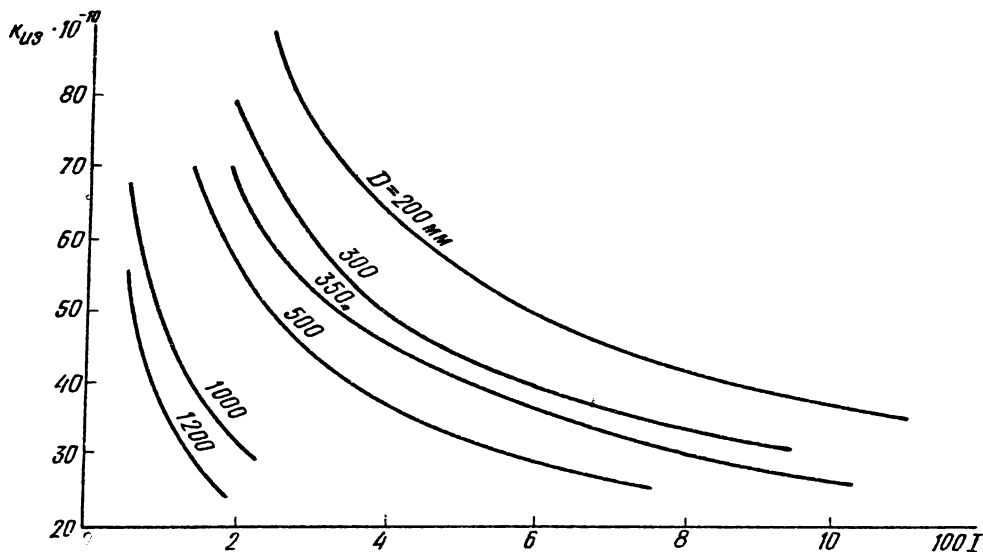
Зависимость (1) была проверена экспериментальными исследованиями в условиях комбинатов Минцветмета СССР. Математическая обработка результатов позволила установить количественные соотношения между параметрами транспортирования.

Величина коэффициента $k_{из}$ определялась опытным путем. Обработка экспериментальных данных показала, что коэффициент $k_{из}$, определяющий интенсивность износа труб, - величина переменная. Он зависит от режима транспортирования и интегральных характеристик, соответствующих этому режиму. В общем виде коэффициент

$$k_{из} = f(I_{г}), \quad (2)$$

где затраты энергии $I_{г}$ могут быть найдены экспериментально или расчетным путем согласно принятой методике.

Математическая обработка результатов исследований позволила получить графические зависимости для трубопроводов диаметром от 200 до 1200 мм (см. рисунок), которые позволяют определять коэффициент $k_{из}$ для различных



Зависимость $k_{из}=f(I_{Г})$ для различных диаметров труб

режимов транспортирования и диаметров трубопроводов и использовать его для установления интенсивности износа пульповодов.

Интенсивность износа пульповода, в свою очередь, дает возможность найти срок его эксплуатации. Исходным положением при этом является определение минимально допустимой толщины стенки трубы из условия безопасной (надежной) ее эксплуатации:

$$S_{min} = \frac{PD_B}{2,0 \sigma_{доп}} \quad (3)$$

где P - давление в трубопроводе, Па; D_B - внутренний диаметр трубопровода, мм; $\sigma_{доп}$ - допустимое напряжение на разрыв, Па.

Значение $\sigma_{доп}$ принимается согласно техническим требованиям на стальные трубы. При этом величина износа нижней стенки трубы

$$S_0 = S - S_{min} \quad (4)$$

где S - толщина стенки новой трубы.

Потери напора $I_{Г}$ находят согласно методике, предложенной в работе [1]. Коэффициент $K_{из}$ определяют по графику (см. рисунок). Плотность гидросмеси вычисляют по формуле

$$\rho_{Г} = c_V (\rho_{Г-1}) + 1 \quad (5)$$

Коэффициент f находят по таблице 10 работы [4]. Величину коэффициента φ при одностороннем использовании трубы принимают равной 1. Интенсивность износа определяют по формуле (1).

Производительность гидротранспортной установки по твердому

$$Q_T = Q_{Г} c_V \quad (6)$$

Количество пропущенного материала на I мм износа стенки трубы

$$Q_{\text{ТД}} = 0,001 Q_{\text{Т}} / \Delta_{\text{Л}} \quad (7)$$

Пропускную способность пульповода до полного износа стенки трубы (при однократном ее использовании) находят из выражения

$$Q_{\text{Т.П}} = Q_{\text{ТД}} S_0 \quad (8)$$

Срок службы пульповода при однократном его использовании

$$T = Q_{\text{Т.П}} / Q_{\text{Т.Год}} \quad (9)$$

В производственных условиях одним из мероприятий по увеличению долговечности пульповодов является профилактическое поворачивание трубопроводов, что дает возможность использовать трубы неоднократно. В этом случае величина S_0 определится как допустимый односторонний износ нижней стенки трубы до очередного ее поворачивания:

$$S_0 = \varphi S_{\text{изн}} , \quad (10)$$

где φ - коэффициент неравномерности изнашивания, определяемый в зависимости от принятого угла поворачивания труб и динамического состояния взвешенного потока (см. таблицу).

Определение коэффициента φ

Угол поворота труб	Коэффициент φ при			Число рабочих положений трубопровода
	$u = u_{\text{кр}}$	$u_{\text{кр}} < u < 2u_{\text{кр}}$	$u > 2u_{\text{кр}}$	
90°	0,5	0,35-0,45	0,3	4
120	0,6	0,45-0,55	0,4	3
180	0,7	0,55-0,65	0,5	2

Пропускная способность пульповода по твердому до полного износа при неоднократном использовании трубопровода определяется выражением

$$Q_{\text{ТЛ}} = Q_{\text{ТД}} S_0 n , \quad (11)$$

где n - число рабочих положений трубопровода.

В соответствии с этим может быть установлен ресурс труб для каждой гидротранспортной установки.

Если трубопровод длиной L служит T лет, то для данной гидротранспортной установки в год потребуется труб

$$l = L / T . \quad (12)$$

Как отмечалось выше, трубопроводы по длине изнашиваются неравномерно. Например, на Алмалыкском ГМК и Дзезказганском ГМК трубопроводы на расстоянии 100-150 м от пульпонасосных станций изнашиваются в 3-7 раз больше, чем на остальных участках трассы. Такая же картина наблюдается на наклонных участках трассы трубопроводов Тырнауэского ГМК и Чорух-Дайронского рудоуправления. С учетом этого расход труб для каждой гидротранспортной установки будет складываться из расхода труб для каждого i -го участка этой установки:

$$l_{\text{общ}} = l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n, \quad (13)$$

или

$$l_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n l_i = \frac{L_1}{T_1} + \frac{L_2}{T_2} + \frac{L_3}{T_3} + \dots + \frac{L_n}{T_n},$$

где

$$l_1 = L_1/T_1; \quad l_2 = L_2/T_2 \quad \text{и т.д.}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по гидравлическому расчету систем напорного гидротранспорта грунтов. П-59-72. Л., Энергия, 1972.
2. Козырев С.П. Гидротранспортный износ металлов при кавитации. М., Машиностроение, 1971.
3. Покровская В.Н. Пути повышения эффективности гидротранспорта. М., Недра, 1972.
4. Турчанинов С.П. Долговечность гидротранспортных трубопроводов. М., Недра, 1973.