Факторы, негативно влияющие на показатели надежности секционных насосов кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА»

*Овчинников Н.П., к.т.н., заведующий кафедрой горных машин,
Северо-Восточный федеральный университет,*

г. Якутск

E-mail: ovchinnlar1986@mail.ru

Согласно анализу значительного объема обработанных данных по эксплуатации шести рудничных водоотливных установок, а именно КГВУ рудника «Удачный» (далее КГВУ), ВНС-690 рудника «Интернациональный» (далее ВНС-690), КГВ-1, КГВ-2, ВНС-210 и УНС-310 рудника «Мир» (далее КГВ-1, КГВ-2, ВНС-210 и УНС-310) установлено, что в условиях кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА» (ПАО) наименее надежным конструкционным элементом секционных насосов является узел гидропаты, на долю которого приходится почти половина всех зафиксированных отказов насосного оборудования (табл. 1).

Таблица 1

Отказы насосного оборудования водоотливных установок

<i>Элемент</i>	<i>Количество отказов</i>	<i>Элемент</i>	<i>Количество отказов</i>
Подшипники насоса	43	Рубашка вала	4
Узел гидропаты	96	КИПиА	5
Запорная арматура	14	Сетчатый фильтр линии всасывания	1
Приемный обратный клапан с сеткой	12	Крышка нагнетания	1
Электропривод	3	Гайка ротора	2
Трубопроводная сеть	5	Торцевые или сальниковые уплотнения	3
Обратный клапан линии нагнетания	6	Рабочие колеса с уплотнительными кольцами	2

Значения средней наработки до отказа T (1), а также число отказов m узла гидропаты секционных насосов исследованных водоотливных установок представлены в таблице 2 [1].

$$T = \frac{\sum T_i}{m} \quad (1)$$

где T_i – наработка до наступления отказа i , ч.

Таблица 2

Некоторые показатели надежности узла гидропаты насосов

<i>Показатель</i>	<i>КГВУ</i>	<i>ВНС-690</i>	<i>КГВ-1</i>	<i>КГВ-2</i>	<i>ВНС-210</i>	<i>УНС-310</i>
T , ч	352,5	958,6	435,7	392,8	801,7	853
m	46	5	12	27	3	3

Проведенный анализ также показал, что секционные насосы пяти из шести водоотливных установок выводятся в плановые капитальные ремонты раньше установленных нормативных сроков, составляющих для отечественных насосов данного типа – не менее 6500 ч [2, 3], для модернизированных зарубежных насосов данного типа – не менее 2000 ч.

Значения среднего ресурса до капитального ремонта K (1), а также число n произведенных плановых капитальных ремонтов секционных насосов исследованных водоотливных установок представлены в таблице 3 [1].

$$K = \frac{\sum K_i}{n} \quad (2)$$

где K_i – ресурс до наступления планового капремонта i , ч.

Таблица 3

Некоторые показатели надежности насосов

Показатель	КГВУ	ВНС-690	КГВ-1	КГВ-2	ВНС-210	УНС-310
K , ч	1169,5	4520	3675	2667,5	2284	6860
n	8	1	2	4	1	1

Низкие показатели T и K объясняются высокой скоростью гидроабразивного износа ds/dt металла (рис. 1), зависящей от множества различных факторов $X_1...X_n$ [4].

Для рудничных секционных насосов, работающих в агрессивных условиях, величина ds/dt может быть выражена как:

$$\frac{ds}{dt} = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6) \quad (3)$$

где X_1 – объемная концентрация нерастворимых частиц в шахтной воде диаметром более 0,1 мм; X_2 – микротвердость нерастворимых частиц; X_3 – водородный показатель шахтной воды; X_4 – минерализация шахтной воды; X_5 – развиваемый насосом напор; X_6 – суточная наработка насоса.

С целью повышения эксплуатационной надежности секционных насосов АК «АЛРОСА» (ПАО) были проведены комплексные исследования, включающие в себя: 1) установление наиболее значимых факторов $X_{знач}$ из числа факторов $X_1...X_6$ на основе регрессионного анализа; 2) внесение предложений по ограничению влияния значимых факторов $X_{знач}$. Согласно обобщенным результатам регрессионного анализа (табл. 4) эксплуатационная надежность секционных насосов, работающих в кимберлитовых рудниках, в большей степени связана с факторами X_2 , X_5 и X_6 .

Таблица 4

Результаты регрессионной статистики

Показатель	№ фактора	Коэффициент R^2	Значимость F
K	X_2	0,68	0,043
	X_6	0,6589	0,05
T	X_2	0,5698	0,083
	X_5	0,787	0,02

Рис. 1. Гидроабразивный износ деталей секционных насосов водоотливной установки КГВУ: а – кольцо и диск гидропята насоса Mackley Pump JSH-200; б – рабочее колесо насоса Mackley Pump JSH-200

С целью ограничения влияния значимых факторов $X_{\text{знач}}$ на показатели K и T предлагаем в первую очередь следующее:

- 1) обеспечить главные водоотливные установки дополнительными прудами-отстойниками с целью более качественного осветления шахтных вод;
- 2) использовать детали узла гидропята повышенного диаметра;
- 3) переходить на новые схемы откачки шахтных вод, предусматривающие увеличение числа рабочих насосов.

Выводы. 1) На основе регрессионного анализа установлено, что в условиях кимберлитовых рудников эксплуатационная надежность секционных насосов в большей степени зависит от следующих факторов: X_1 – объемной концентрации нерастворимых частиц в шахтной воде диаметром более 0,1 мм; X_2 – микротвердости нерастворимых частиц и X_6 – суточной наработки насоса.

2) Предложены технические решения по ограничению влияния значимых факторов $X_{\text{знач}}$.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 53480-2009. Надежность в технике. Термины и определения. Метод испытаний. – М: Стандартинформ, 2010. – 32 с.

2. Долганов А.В. Шламы медно-колчеданных рудников: проблемы и пути решения // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. № 4. С. 10–14.

3. Овчинников Н.П., Викулов М.А., Бочкарев Ю.С., Довиденко Г.П. // Экспериментальные исследования эксплуатационных свойств насосной установки с изношенным рабочим колесом. Горный журнал. 2016. № 9. С. 85–88.

4. Островский В.Г., Пещеренко С.Н. Расчет скорости гидроабразивного износа межступенчатых уплотнений нефтяного насоса // Вестник Пермского национально-исследовательского политехнического института. Геология. Нефтегазовое дело. 2012. № 5. С. 70–75.

Опытно-методические комплексные георадиолокационные исследования криолитозоны в условиях развития криопэгов

*Омельяненко П.А.,
Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН,
г. Якутск,*

E-mail: omerpavel@yandex.ru

*Куляндин Г.А.,
Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН,
г. Якутск,*

E-mail: gansik.ku@mail.ru

Особенности природно-климатических условий криолитозоны, изменчивость криогенного состояния верхней части литосферы, многообразие задач инженерно-геологического профиля, и специфика геоэкологических исследований требуют разработки новых методических подходов и реализации современных геофизических технологий. Эффективность этого направления работ непосредственно связана с совершенствованием геофизических методов, что в итоге стимулирует технологическое развитие отрасли в инженерной геологии.

Для повышения эффективности георадиолокационных исследований криолитозоны разработана методика профилирований, зондирований и методика полевого изучения свойств грунтов с целью совершенствования интерпретационных моделей.

В соответствии с задачами апробации комплексной методики выбран оптимальный объект для натурного моделирования – полигон «Криопэг» ИМЗ СО РАН, на котором проверен комплекс электроразведочных работ, включающий методы георадиолокации. На этапе рекогносцировочных работ отработана методика полевых работ, выбраны оптимальные параметры измерений методиками георадиолокации и получены комплексные данные измерений по трем взаимно пересекающимся профилям, вблизи точек опорного бурения.

Измерения проведены методом двухспектральной георадиолокации, методиками профилирований и зондирований с GPS регистрацией точек измерений. В точках опорных наблюдений, для повышения разрешающей способности по глубине и повышения достоверности исследований, проведены георадиолокационные зондирования по разработанной методике угловых сканирований.