

УДК 621.671.22

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ СЕКЦИОННОГО ТИПА НА КИМБЕРЛИТОВЫХ РУДНИКАХ АК «АЛРОСА» И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Овчинников Николай Петрович,
ovchinnlar1986@mail.ru

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова,
Россия, 677000, г. Якутск, ул. Белинского, 58.

Актуальность. Российская Федерация является одним из мировых лидеров по добыче алмазов. В настоящее время преобладающая часть (порядка 95 %) всех российских алмазов добывается на рудных (кимберлитовых) и россыпных месторождениях, расположенных на территории Якутии. Практика показывает, что подземная разработка кимберлитовых месторождений на территории Западной Якутии сопряжена с обильным поступлением шахтной воды в горные выработки. Без применения достаточного количества насосного оборудования проникающие в горные выработки шахтные воды делают процесс добычи алмазосодержащих руд более сложным и в первую очередь небезопасным для рабочего персонала. В настоящее время с целью борьбы с шахтными водопритоками на кимберлитовых рудниках используются электронасосные агрегаты секционного типа. Так как шахтный водоотлив является неотъемлемым технологическим процессом при добыче алмазосодержащего сырья, повышение надежности относящегося к нему оборудования является актуальной научно-практической задачей.

Объекты: электронасосные агрегаты секционного типа кимберлитовых рудников «Мир», «Удачный», «Интернациональный» и «Айхал».

Цель: изучение влияния различных производственных факторов, главным образом гидрогеологических условий, на показатели долговечности насосного оборудования водоотливных хозяйств кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА».

Методы. Для достижения поставленной цели использовался комплексный подход, включающий: анализ физико-химического состава шахтных вод, анализ значительного практического материала по работе насосного оборудования, а также ранее опубликованных работ по тематике исследования, натурные исследования электронасосных агрегатов секционного типа кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА».

Результаты. По результатам проведенных научных исследований были предложены рекомендации по повышению надежности насосного оборудования водоотливных установок кимберлитовых рудников, находящихся в ведении компании «АЛРОСА».

Ключевые слова:

Рудник, электронасосные агрегаты, водоотлив, плотность, коррозия, рабочее колесо, гидроабразивный износ.

Введение

Как известно, подземная разработка рудных месторождений, в том числе и кимберлитовых руд, сопровождается обильным поступлением шахтной воды в горные выработки рудников.

Поступающие водопритоки в горные выработки кимберлитовых рудников, эксплуатируемых алмазодобывающей компанией АК «АЛРОСА» на территории Западной Якутии, являются высоконцентрированными растворами различных солей с минерализацией 120...340 г/л, главным образом хлоридно-кальциевого и хлоридно-натриевого состава, отличительной особенностью которых является способность находиться в жидкообразном агрегатном состоянии при температуре окружающего воздуха до -50°C [1–4].

Активное состояние этих крепких рассолов практически при любой температуре окружающего воздуха приводит к интенсивному растворению солевых пород открытых и подземных выработок, что в конечном итоге ведет к росту трещиноватости и увеличению концентрации напряжений в массиве горных пород.

Одними из сопутствующих признаков данных геодинамических процессов являются локальные водопроявления в горных выработках (рис. 1, 2).

Эти локальные водопроявления могут значительно повлиять на общий водоприток, поступающий в кимберлитовые рудники Западной Якутии. К примеру, фактический объем крепких рассолов,

поступающих в кимберлитовый рудник «Мир», по истечении некоторого промежутка времени превышал проектный приблизительно в три раза ($\sim 750 \text{ м}^3/\text{ч}$ против $\sim 240 \text{ м}^3/\text{ч}$).



Рис. 1. Водопроявления в выработках кимберлитового рудника «Удачный»

Fig. 1. Water in workings of kimberlite mine «Udachny»



Рис. 2. Водопроявления на бортах кимберлитового карьера «Мир»

Fig. 2. Water on the sides of kimberlite pit «Mir»

Значительное увеличение объема поступающих в рудник «Мир» крепких рассолов повлекло за собой дополнительную нагрузку на водоотливные комплексы, что в конечном итоге стало одной из причин затопления рудника.

В связи с тем, что увеличения водопритока в перспективе следует ожидать и в других кимберлитовых рудниках АК «АЛРОСА», в частности на рудниках «Удачный», расположенном в районе Далдыно-Мархинского криогидрогеологического резервуара, повышение надежности электронасосных агрегатов секционного типа, являющихся наиболее распространенным видом насосного оборудования на указанных рудниках, является востребованной научно-практической задачей.

Решение поставленной задачи позволит повысить уровень промышленной безопасности при ведении горных работ на кимберлитовых рудниках АК «АЛРОСА» в случае незапланированного роста водопритока в их горные выработки.

Объект и методы исследования

Объектами исследования выступили электронасосные агрегаты секционного типа (далее – электронасосные агрегаты) кимберлитовых рудников «Мир», «Удачный», «Интернациональный» и «Айхал».

Цель работы – изучение влияния различных производственных факторов, главным образом гидрогеологических условий, на показатели долговечности насосного оборудования водоотливных хозяйств кимберлитовых рудников.

Для достижения поставленной цели использовался комплексный подход, включающий: анализ физико-химического состава шахтных вод, анализ значительного практического материала по работе насосного оборудования, а также ранее опубликованных работ по тематике исследования, натурные исследования электронасосных агрегатов секционного типа четырех кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА».

Результаты исследования

Откачиваемые из горных выработок кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА» крепкие рассолы в отличие чистой воды обладают большей плотностью (до 1300...1400 кг/м³), что согласно проведенным исследованиям крайне отрицательно влияет на электродвигатели насосного оборудования [5].

Как видно из выражения (1), при откачке как рассолов, так и чистой воды электронасосный агрегат будет выдавать идентичные гидравлические параметры – подачу и напор, но при разных значениях потребляемой мощности. Другими словами, электродвигатель электронасосного агрегата при работе на рассолах по сравнению с его работой на чистой воде будет потреблять большее количество электроэнергии, что в ряде случаев может привести к его перегреву, а соответственно с течением некоторого периода времени и к отказу.

$$P_p \Rightarrow P_{\text{ч}} \frac{\rho_p}{\rho_{\text{ч}}} \Rightarrow Q_{\text{ч}} H_{\text{ч}} g \rho_{\text{ч}} \frac{\rho_p}{\rho_{\text{ч}}} \Rightarrow Q_{\text{ч}} H_{\text{ч}} g \rho_p, \quad (1)$$

где $P_{\text{ч}}$, $Q_{\text{ч}}$, $H_{\text{ч}}$, $\rho_{\text{ч}}$ – теоретическая мощность, теоретическая подача, теоретический напор электронасосного агрегата при работе на чистой воде и плотность чистой воды; P_p , ρ_p – теоретическая мощность электронасосного агрегата при работе на рассолах и плотность рассолов; g – ускорение свободного падения.

Для борьбы с этим негативным явлением обычно используется насосное оборудование с избыточным напором (так как рост напора электронасосного агрегата сопряжен с ростом его потребляемой мощности). Учитывая плотность крепких рассолов, а также их агрессивность к металлу, была выдвинута гипотеза, что для создания оптимальных условий для электродвигателей электронасосных агрегатов кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА» их номинальный напор H должен превосходить фактический полный напор h в 1,5...1,7 раза.

Как видно из кривой рис. 3, насосное оборудование в преобладающей доле случаев подобрано нерационально. Оказалось, что только насосное оборудование водоотливной установки ВНС-163 кимберлитового рудника «Айхал» используется эффективно ($H/h=1,51$ – для насосного оборудования модели ЦНСКА 300–480 и $H/h=1,545$ – для насосного оборудования модели ЦНСКА 105–490).

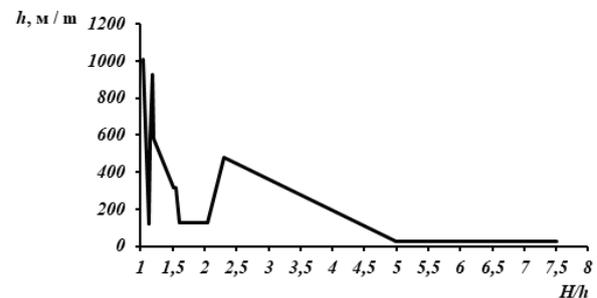


Рис. 3. Зависимость между h и H/h

Fig. 3. Dependence between h and H/h

Наиболее тяжелые условия работы для электродвигателей насосного оборудования кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА» отмечаются в случаях, когда $h > 600$ м. Для снижения риска отказов электродвигателей при $h > 600$ м рекомендуется либо их заменить на более энергоемкие модели, либо в перспективе использовать более высоконапорное насосное оборудование. Работа насосного оборудования остальных водоотливных установок кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА» связана с повышенными затратами на электроэнергию. Для снижения непроизводительных затрат на электроэнергию этого насосного оборудования предлагается снизить его избыточный напор до оптимального уровня путем демонтажа лишних ступеней.

Крепкие рассолы являются химически активными средами не только к горному массиву и за-

кладочному материалу, но и к металлу, что объясняется наличием в их составе значительного содержания различных растворенных солей и газов, в частности сероводорода.

Практика показала, что присутствующий в незначительном количестве сероводород в рассолах (2 мг/л), откачиваемых с горизонта «-210 м» кимберлитового рудника «Мир», привел к обширному коррозионному износу уплотнительных колец, выполненных из стали марки 20X13, через 1814 мото-ч работы насосного оборудования модели НЦС (К) 440–660 (рис. 4) [5]. После произошедшего инцидента руководством рудника было принято решение заменить сталь марки 20X13 на более коррозионностойкую сталь марки 12X18Н10Т. В свою очередь, как оказалось, что сталь марки 12X18Н10Т также имеет серьезный недостаток, под которым следует понимать его низкую износостойкость, влекущую за собой преждевременное увеличение зазора между уплотнительными кольцами и поясками рабочих колес, т. е. элементами щелевых уплотнений.



Рис. 4. Коррозионное разрушение уплотнительных колец из стали 20X13

Fig. 4. Corrosion wear of 20X13 steel o-rings

Хочется отметить, что значительный зазор между уплотнительными кольцами и поясками рабочих колес электронасосного агрегата, вызванный их истиранием, приводит к значительному росту осевой силы. Увеличенная осевая сила способствует сдвигу ротора электронасосного агрегата до критических значений (2,8...3 мм). Работа насосного оборудования при критическом сдвиге ротора влечет за собой обширные механические повреждения дорогостоящих роторных деталей [6]. Таким образом, видно, что повышение ресурса элементов щелевых уплотнений определенно позволит повысить надежность электронасосных агрегатов.

Согласно натурным исследованиям насосного оборудования моделей НЦС (К) 400–660 и JSH-200, было установлено, что практически за одинаковые периоды работы T вышеназванного насосного оборудования средневзвешенная скорость механического износа m поясков рабочих колес, которые подверглись упрочнению с помощью метода химико-термической обработки, оказалась приблизительно в два раза ниже, чем средневзвешенная скорость износа стандартных поясков рабочих колес (рис. 5). Линейная аппроксимация двух кривых рис. 5 позволяет судить о наличии определенной

взаимосвязи между их координатами. Полученные эмпирические модели в перспективе позволят с высокой степенью достоверности определять фактическое техническое состояние поясков рабочих колес в зависимости от наработки насосного оборудования.

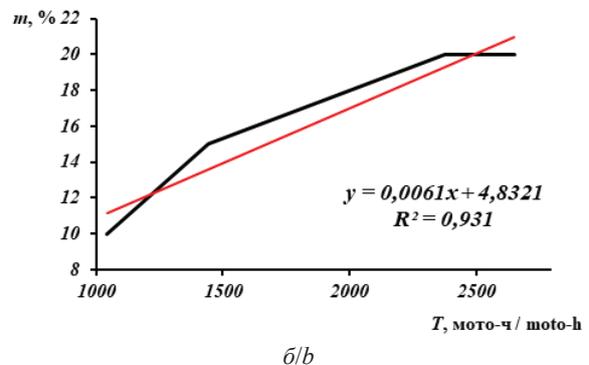
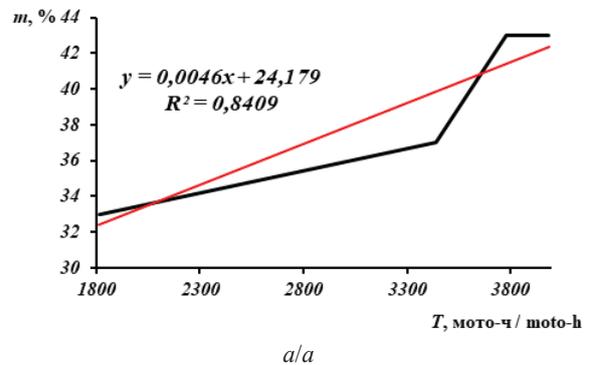


Рис. 5. Зависимость между m и T : а) насосное оборудование модели НЦС (К) 400–660; б) насосное оборудование модели JSH-200

Fig. 5. Dependence between m and T : a) pumping equipment NTsC (K) 400–660; b) pumping equipment JSH-200

Изношенные пояски рабочих колес исследованного насосного оборудования приведены на рис. 6. Как видно из рисунка, упрочненные пояски рабочих колес более подвержены коррозии, чем стандартные пояски рабочих колес.

В связи с тем, что электронасосные агрегаты на кимберлитовых рудниках АК «АЛРОСА» являются одними из наиболее ответственных типов горных машин, они нуждаются в дополнительной защите от работы при критическом осевом сдвиге ротора.

Рекомендуется электронасосные агрегаты кроме датчиков осевого сдвига ротора, вибро- и термодатчиков также оснащать реле протока, которое монтируется в трубе разгрузки.

Необходимость применения реле протока объясняется следующим. Вибро- и термодатчики, как и датчики осевого сдвига ротора являются достаточно «чувствительными» приборами, в связи с чем, им свойственны поломки и сбои в работе, которые могут отрицательно повлиять на их точность в определении величины осевого сдвига ротора электронасосного агрегата, результатом чего,

может быть его дальнейшая работа при фактическом достижении ротором критического осевого положения.

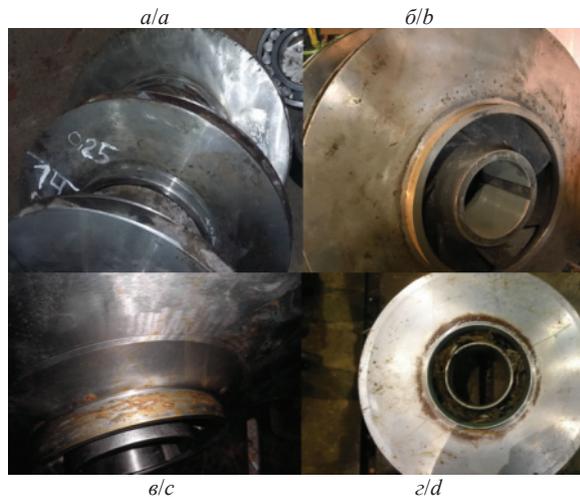


Рис. 6. Пояски рабочих колес: а, б) насосное оборудование модели НЦС (К) 400–660; в, г) насосное оборудование модели JSH-200

Fig. 6. Impellers belts: a, b) pumping equipment NTsC (K) 400–660; c, d) pumping equipment JSH-200

Одновременная неисправность реле протока, датчика осевого сдвига ротора, вибро- и термодатчиков является маловероятным событием.

Реле протока настраивается таким образом, что автоматически отключает электродвигатель электронасосного агрегата при критическом снижении или критическом повышении протока жидкости q в трубе разгрузки. Предельные значения протока жидкости q для электронасосных агрегатов с различной подачей Q могут быть с хорошей степенью достоверности определены, исходя из двух эмпирических моделей, установленных в результате линейной аппроксимации зависимостей, которые в свою очередь были получены экспериментальным путем (рис. 7). Обязательным требованием эффективного функционирования реле протока является его работа с задержкой 10...20 с после запуска в работу электронасосного агрегата (так как проток в трубе разгрузки электронасосного агрегата с плавным пуском нормализуется не сразу) [3, 7].

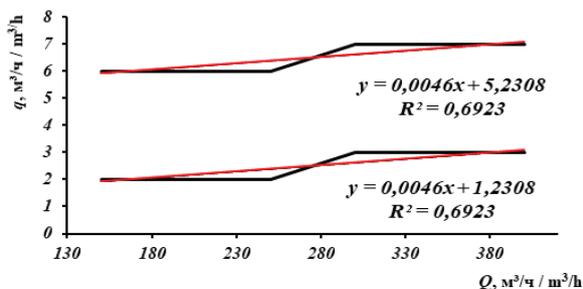


Рис. 7. Зависимость между q и Q

Fig. 7. Dependence between q and Q

Кроме интенсивного износа щелевых уплотнений, росту осевой силы до критических значений может способствовать интенсивный гидроабразивный износ узла гидропята. В публикациях [3, 4, 7–25] отмечается, что именно гидроабразивный износ деталей насосного оборудования является основной причиной его низкой надежности. В публикации [1] отмечается, что между средней нагрузкой узла гидропята до отказа и средним ресурсом насосного оборудования кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА» до капремонта, который обычно производится после его достаточной по времени работы при критическом осевом сдвиге ротора, существует определенная взаимосвязь.

В публикации [3] отмечается, что техническое состояние узла гидропята главным образом зависит от четырех факторов (табл. 1).

Таблица 1. Результаты статистических исследований

Table 1. Results of statistical researches

Фактор Factor	Коэффициент детерминации R^2 Determination coefficient R^2	Значимость F Significance F
Микротвердость механических примесей в рассолах B , ГПа Microhardness of mechanical admixture in saline B , GPa	0,545	0,094
Номинальный напор электронасосного агрегата H , м Electric pump unit nominal head H , m	0,673	0,045
Время разгона и торможения электронасосного агрегата t , с Electric pump unit acceleration and deceleration time t , s	0,61	0,0066
Скорость рассолов на выходе из электронасосного агрегата v , м/с Output speed of saline of the electric pump unit v , m/s	0,61	0,066

В дальнейшем на основании полученных результатов статистических исследований была установлена многофакторная линейная зависимость величины T от вышеназванных факторов (табл. 2) [4]. Проверка значимости полученного уравнения множественной регрессии реализовывалась через F -критерий Фишера. В процессе проверки из данного уравнения регрессии был выведен фактор t .

Таблица 2. Результаты статистических исследований

Table 2. Results of statistical researches

Уравнение регрессии Regression equation	Коэффициент детерминации R^2 Determination coefficient R^2	Значимость F Significance F
$Y = -108,13v - 65,21B - 0,26H + 1712,1$	0,937	0,092

Как видно, полученная эмпирическая модель в перспективе позволяет с высокой степенью достоверности прогнозировать наработку до отказа узла гидропаты насосного оборудования кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА» в зависимости от модели насосного оборудования и физико-механических характеристик рассолов.

Стоит отметить, что в условиях кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА» узел гидропаты является наименее надежным элементом в конструкции электронасосных агрегатов [3]. После узла гидропаты наименее надежными конструкционными элементами являются подшипники, на что имеет ряд объяснений [3].

В настоящее время только у пяти из 35 исследованных электронасосных агрегатов кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА» решена проблема попадания рассолов в камеры подшипниковых узлов [5]. Рассолы, попадающие в камеру подшипника в результате химической реакции, практически полностью растворяют масляную пленку, активизируя тем самым трибоконтакт между сегментами подшипника.

Также не решена проблема разрушения подшипников при транспортировке электронасосных агрегатов. К примеру, как видно из рис. 8, после доставки насосного оборудования из компании ООО «Линк-Продукт» (г. Тула) на место эксплуатации (Удачинский ГОК) его подшипники качения были практически сразу заменены [25].

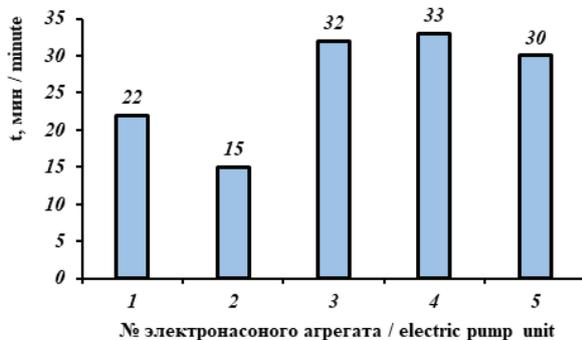


Рис. 8. Ресурс заднего подшипника пяти электронасосных агрегатов

Fig. 8. Resource of back bearing of five electric pumping units

Скорее всего, данный постулат объясняется следующим. Из-за низкого качества дорожного полотна в Западной Якутии при перевозке электронасосного агрегата его вал совершает возвратно-поступательные движения на величину зазора в подшипниках качения по наружной и внутренней обоймам. Зазоры в подшипнике по обоймам идентичны друг другу. Сделав ряд допущений, можно констатировать, что при перевозке насосного оборудования нагрузка F на его подшипники качения может увеличиваться в два раза, что в конечном итоге отрицательно сказывается на их состоянии (2).

$$F = mg \left(\frac{c}{s} + 1 \right), \quad (2)$$

где m – масса ротора электронасосного агрегата; g – ускорение свободного падения; c, s – зазоры в подшипнике качения по наружной и внутренней обоймам.

На сегодняшний день в мире существует множество путей повышения надежности насосного оборудования, эксплуатируемого при подземной разработке рудных месторождений, часть которых как раз описана в настоящей работе.

Заключение

1. Наиболее тяжелые условия работы для силовых установок действующих электронасосных агрегатов кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА» отмечаются в случаях, когда фактический полный напор h составляет от 600 м. Для снижения риска отказов электродвигателей при $h > 600$ м рекомендуется либо их заменить на более энергоемкие модели, либо в перспективе использовать более высоконапорное насосное оборудование. Из всего рассмотренного насосного оборудования вышеназванных рудников только насосное оборудование водоотливной установки ВНС-163 кимберлитового рудника «Айхал» используется эффективно ($H/h=1,51$ – для насосного оборудования модели ЦНСКА 300–480 и $H/h=1,545$ – для насосного оборудования модели ЦНСКА 105–490).
2. Проведенные натурные исследования насосного оборудования моделей НЦС (К) 400–660 и JSH-200 свидетельствуют, что практически за одинаковые периоды работы T вышеназванного насосного оборудования средневзвешенная скорость механического износа m поясков рабочих колес, которые подверглись упрочнению с помощью метода химико-термической обработки, оказалась приблизительно в два раза ниже, чем средневзвешенная скорость износа стандартных поясков рабочих колес. Эмпирические модели, полученные на основе линейной аппроксимации зависимостей $m=f(T)$, в перспективе позволят с высокой степенью достоверности определять фактическое техническое состояние поясков рабочих колес в зависимости от наработки насосного оборудования.
3. Электронасосные агрегаты кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА» кроме датчиков осевого сдвига ротора, вибро- и термодатчиков также рекомендуется оснащать реле протока, которое монтируется в трубе разгрузки. Реле протока настраивается таким образом, что автоматически отключает электродвигатель электронасосного агрегата при критическом снижении или критическом повышении протока жидкости q в трубе разгрузки. Предельные значения протока жидкости q для электронасосных агрегатов с различной подачей Q могут быть с хорошей степенью достоверности определены, исходя из эмпирических моделей, установленных в результате линейной аппроксимации зависимостей $q=f(Q)$, которые в свою

очередь были получены экспериментальным путем.

- По результатам статистической обработки значительного практического материала была установлена эмпирическая модель, позволяющая с высокой степенью достоверности прогно-

зировать наработку до отказа наиболее отказывающего конструкционного элемента электронасосного агрегата – узла гидропаты в зависимости от модели насосного оборудования и физико-механических характеристик рассолов кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Дроздов А.В. Оценка возможности закачки дренажных рассолов карьера и рудника «Удачный» в среднекембрийский водоносный комплекс // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2013. – № 7 (28). – С. 32–40.
- Дроздов А.В., Крамсков Н.П., Гензель Г.Н. Особенности гидромеханического мониторинга под водными объектами на алмазных месторождениях Западной Якутии // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2011. – № 1 (48). – С. 72–79.
- Овчинников Н.П., Зырянов И.В. Оценка долговечности секционных насосов подземных кимберлитовых рудников АК «АЛРОСА» // Горный журнал. – 2017. – № 10. – С. 41–44.
- Ovchinnikov N.P., Portnyagina V.V., Sobakina M.P. Dependence of the mean time failure a hydraulic balancing machine unit on different factors for sectional pumps of the Alrosa JSC // AIP Conference Proceedings. – 2017. – V. 1915. – 040043.
- Овчинников Н.П. Опыт эксплуатации секционных насосов на подземном кимберлитовом руднике «Мир» // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – № 53. – С. 119–126.
- Стюфляев С.С., Шипулин О.Г. Сравнительный анализ многоступенчатого насоса типа ЦНС с оппозитным расположением рабочих колес и гидропаты // Молодой ученый. – 2017. – № 3. – С. 165–171.
- Vikulov M.A., Ovchinnikov N.P., Makhno D.E. Measurements of section pump of rotor axial position at Udachny mine // Advances in Engineering Research. – 2017. – V. 133. – P. 884–891.
- Анализ эффективности разгрузочных устройств шахтных центробежных секционных насосов / А.В. Долганов, А.О. Еслетьев, Е.О. Черяков, Э.Ю. Торопов // Известия Уральского государственного горного университета. – 2014. – № 2 (34). – С. 31–35.
- Долганов А.В. Влияние гидроабразивного износа элементов проточной части на эксплуатационные качества центробежных насосов медно-колчеданных рудников // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 8. – С. 181–186.
- Yoganandh J., Natarajan S., Kumaresh Babu S.P. Erosive wear behavior of high-alloy cast iron and duplex stainless steel under mining conditions // Journal of Materials and Performance. – 2015. – V. 24 (9). – P. 3588–3598.
- Hydraulic transient numerical study of super-high parameter motor-pump in drainage system of mine emergency / Weihui Xu, Chuanchang Gao, Jun Liu, Weishu Wang // Energy Procedia. – 2012. – V. 14. – P. 464–469.
- Numerical simulation of concrete pumping process and investigation of wear mechanism of the piping wall / Yuanqiang Tan, Hao Zhang, Dongmin Yang, Shengqiang, Junhua Song, Yong Sheng // 37th Leeds-Lyon Symposium on Tribology Special issue: Tribology for Sustainability: Economic, Environment, and Quality of Life: Tribology International. – Lyon (France), 2012. – V. 46 (1). – P. 137–144.
- Ramkrishna Dandapat, Arghya Deb. A probability based model for the erosive wear of concrete by sediment bearing water // Wear. – 2016. – V. 350. – P. 166–181.
- Khalid Y.A., Sapuan S.M. Wear analysis of centrifugal slurry pump impellers // Industrial lubrication and tribology. – 2007. – V. 59. – № 1. – P. 18–28.
- Walker C.I. Slurry pump side-liner wear: comparison of some laboratory and field results // Wear. – 2001. – V. 250–251. – № 2. – P. 81–87.
- Walker C.I., Bodkin G.C. Empirical wear relationships for centrifugal slurry pumps. P. 1: side-liners // Wear. – 2000. – V. 242. – № 1–2. – P. 140–146.
- Wilson R.D., Hawk J.A. Impeller wear impact-abrasive wear test // Wear. – 1999. – V. 225–229. – № 1–2. – P. 1248–1257.
- Sundström A., Rendón J., Olsson M. Wear behaviour of some low alloyed steels under combined impact/abrasion contact conditions // Wear. – 2001. – V. 250. – № 1–12. – P. 744–754.
- Kesler R. Considerations is selecting a positive displacement slurry pump // Mining World. – 2016. – V. 13 (4). – P. 34–37.
- Kranzler Th., Raimo A. Improving pump materials for harsh environments // Sulzer Technical Review. – 2013. – V. 2. – P. 10–12.
- Меньшиков С.С., Васильева М.А. Коэффициент технического состояния грунтового насоса в системах гидротранспорта хвостовых пульп // Записки Горного института. – 2014. – Т. 209. – С. 193–196.
- Давыдов Я.М., Рязанов С.Д., Алексенцева Л.В. Оценка остаточного ресурса центробежных насосов с учетом износа основных деталей // Химическая техника. – 2016. – № 3. – С. 34–36.
- Dauletbikey O., Bayjumanov K.D. Methods of increase of wear resistance and resource of operation of soil pumps // International Journal of Mathematics and Physics. – 2015. – V. 1. – P. 4–7.
- Patsera S., Protsiv V., Kosmin V. Feasible Ways to Improve the Durability of the Pumps' Parts Operating with Hydroabrasive Mixtures // Mechanics, Materials Science & Engineering. – 2015. – V. 1. – P. 133–137.
- Овчинников Н.П., Смыслов А.Г. Некоторые проблемы эксплуатации насосов главного водоотлива подземного рудника «Удачный» // Горный информационно-аналитический бюллетень. Специальный выпуск. Геомеханические и геотехнологические проблемы освоения недр Севера. – 2017. – № 24. – С. 83–92.

Поступила 15.03.2018 г.

Информация об авторах

Овчинников Н.П., кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова.

UDC 621.671.22

PROBLEMS OF OPERATION OF ELECTRIC PUMPING SECTIONAL TYPE UNITS ON KIMBERLITE MINES OF ALROSA AND THE WAYS OF THEIR SOLUTION

Nickolay P. Ovchinnikov,
ovchinnlar1986@mail.ru

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University,
58, Belinsky Street, Yakutsk, 677000, Russia.

The relevance. Russian Federation is one of the world's leaders in diamond industry. Today, the predominant part (about 95 %) of all Russian diamonds is mined on ore (kimberlite) and alluvial deposits, which are located on the territory of Yakutia. Practice shows that underground mining of kimberlite fields in Western Yakutia is associated with the abundant water flow to mine workings. Without application of sufficient number of pumping equipment, water penetrating to mine workings makes diamond extraction more difficult and unsafe for people. Today, for dealing with mine water inflows the electric pump sectional type unit are used on kimberlite mines. As mine drainage is an essential process in diamond extraction, improving the reliability of the related equipment is the relevant scientific and practical task.

Objects: electric pumping sectional type units of kimberlite mines «Mir», «Udachny», «Internatsionalny» and «Aykhal».

The main aim of the research is to study the influence of different production factors, mainly hydrogeological conditions, on durability of pumping equipment of kimberlite mines drainage systems of «ALROSA» JSC.

Methods. To achieve this aim the author has used a comprehensive approach including: analysis of the physico-chemical composition of mine waters, analysis of significant practical material by these pumping equipment work and previously published articles on the subject of research, experimental researches of kimberlite mines electric pump units of «ALROSA» JSC.

Results. According to the results of the researches, the author proposed the recommendations for improving reliability of a pumping equipment of kimberlite mines drainage units, which are administered by «ALROSA» JSC.

Key words:

Mine, electric pump units, drainage, density, corrosion, impeller, hydroabrasive wear.

REFERENCES

1. Drozdov A.V. Assessing possibility to pump open pit and mine «Udachny» drainage brines into middle Cambrian aquiferous complex. *Bulletin of the Irkutsk state technical university*, 2013, Iss. 7, no. 28, pp. 32–40. In Rus.
2. Drozdov A.V., Kramskov N.P., Genzel G.N. Features of hydro-mechanical monitoring under water bodies at diamond deposits of Western Yakutia. *Bulletin of the Irkutsk state technical university*, 2011, Iss. 1, no. 48, pp. 72–79. In Rus.
3. Ovchinnikov N.P., Zyryanov I.V. Assessment of durability of sectional pumps in underground kimberlite mines of ALROSA. *Mining Journal*, 2017, no. 10, pp. 41–44. In Rus.
4. Ovchinnikov N.P., Portnyagina V.V., Sobakina M.P. Dependence of the mean time failure a hydraulic balancing machine unit on different factors for sectional pumps of the Alrosa JSC. *AIP Conference Proceedings*, 2017, vol. 1915, 040043.
5. Ovchinnikov N.P. Experience of operation of sectional pumps on the underground kimberlite mine «Mir». *Bulletin of the Kuzbass state technical university*, 2017, no. 53, pp. 119–126. In Rus.
6. Styuflyayev S.S., Shipulin O.G. Comparative analysis of multi-stage pump type CNS boxer arrangement of impellers and hydraulic balance machine unit. *Young scientist*, 2017, no. 3, pp. 165–171. In Rus.
7. Vikulov M.A., Ovchinnikov N.P., Makhno D.E. Measurements of section pump of rotor axial position at Udachny mine. *Advances in Engineering Research*, 2017, vol. 133, pp. 884–891.
8. Dolganov A.V., Esentev A.O., Cherakov E.O., Toropov E.Yu. Analysis of effectiveness of dumping devices of mine centrifugal sectional pumps. *News of the Ural State Mining University*, 2014, Iss. 1, no. 34, pp. 31–35. In Rus.
9. Dolganov A.V. The influence of hydro-abrasive depreciation of excretory elements on exploitation qualities of rotary pumps at copper and pyrites pits. *Mining informational and analytical bulletin*, 2015, no. 8, pp. 181–186. In Rus.
10. Yoganandh J., Natarajan S., Kumaresh Babu S.P. Erosive wear behavior of high-alloy cast iron and duplex stainless steel under mining conditions. *Journal of Materials and Performance*, 2015, vol. 24, no. 9, pp. 3588–3598.
11. Weihui Xu, Chuanchang Gao, Jun Liu, Weishu Wang. Hydraulic transient numerical study of super-high parameter motor-pump in drainage system of mine emergency. *Energy Procedia*, 2012, vol. 14, pp. 464–469.
12. Yuanqiang Tan, Hao Zhang, Dongmin Yang, Shengqiang, Junhua Song, Yong Sheng. Numerical simulation of concrete pumping process and investigation of wear mechanism of the piping wall. *37th Leeds-Lyon Symposium on Tribology Special issue: Tribology for Sustainability: Economic, Environment, and Quality of Life: Tribology International*. Lyon (France), 2012. Vol. 46, no. 1, pp. 137–144.
13. Ramkrishna Dandapat, Arghya Deb. A probability based model for the erosive wear of concrete by sediment bearing water. *Wear*, 2016, vol. 350, pp. 166–181.
14. Khalid Y.A., Sapuan S.M. Wear analysis of centrifugal slurry pump impellers. *Industrial lubrication and tribology*, 2007, vol. 59, no. 1, pp. 18–28.
15. Walker C.I. Slurry pump side-liner wear: comparison of some laboratory and field results. *Wear*, 2001, vol. 250–251, no. 2, pp. 81–87.
16. Walker C.I., Bodkin G.C. Empirical wear relationships for centrifugal slurry pumps. P. 1: side-liners. *Wear*, 2000, vol. 242, no. 1–2, pp. 140–146.
17. Wilson R.D., Hawk J.A. Impeller wear impact-abrasive wear test. *Wear*, 1999, vol. 225–229, no. 1–2, pp. 1248–1257.
18. Sundström A., Rendón J., Olsson M. Wear behaviour of some low alloyed steels under combined impact/abrasion contact conditions. *Wear*, 2001, vol. 250, no. 1–12, pp. 744–754.
19. Kesler R. Considerations is selecting a positive displacement slurry pump. *Mining World*, 2016, vol. 13, no. 4, pp. 34–37.
20. Kranzler Th., Raimo A. Improving pump materials for harsh environments. *Sulzer Technical Review*, 2013, vol. 2, pp. 10–12.
21. Menshikov S.S., Vasileva M.A. Coefficient of technical condition of a soil pump system the hydraulic transport tailing slurries.

- Proceedings of the Mining institute*, 2014, vol. 209, pp. 193–196. In Rus.
22. Davydov Ya.M., Ryazanov S.D., Aleksentseva L.V. Evaluation of a centrifugal pumps residual resource subject to wear of basic parts. *Chemical engineering*, 2016, no. 3, pp. 34–36. In Rus.
23. Dauletbikuly O., Bayjumanov K.D. Methods of increase of wear resistance and resource of operation of soil pumps. *International Journal of Mathematics and Physics*, 2015, vol. 1, pp. 4–7.
24. Patsera S., Protsiv V., Kosmin V. Feasible Ways to Improve the Durability of the Pumps' Parts Operating with Hydroabrasive Mixtures. *Mechanics, Materials Science & Engineering*, 2015, vol. 1, pp. 133–137.
25. Ovchinnikov N.P., Smyslov A.G. Some problems of operation of the main drainage of underground mine «Udachny» pumps. *Mining informational and analytical bulletin. Special issue. Geomechanical and geotechnological problems of development of mineral resources of the North*, 2017, no. 24, pp. 83–92. In Rus.

Received: 15 March 2018.

Information about the authors

Nickolay P. Ovchinnikov, Cand. Sc., associate professor, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.