

DOI: 10.26730/1999-4125-2018-1-112-117

УДК 621.671.22

**КОМПЛЕКС МЕР ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗАВАРИЙНОЙ РАБОТЫ
ГЛАВНЫХ ВОДООТЛИВНЫХ УСТАНОВОК КИМБЕРЛИТОВЫХ РУДНИКОВ**

**THE COMPLEX OF MEASURES TO ENSURE TROUBLE-FREE OPERATION OF
THE MAIN WATER-DRAINAGE UNITS OF KIMBERLITE MINES**

Овчинников Николай Петрович,

кандидат технических наук, доцент кафедры горного дела, Горный институт,
e-mail: ovchinnlar1986@mail.ru

Nickolay P. Ovchinnikov,

candidate of technical sciences, associate professor
of the mining engineering department, Mining institute

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова, 677016, Россия, г. Якутск,
ул. Кулаковского, 50.

M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, 677016, Russia, Yakutsk, Kulakovskiy St, 50.

Аннотация: В ближайшей перспективе практически вся добыча алмазов в Российской Федерации перейдет на подземный способ. Подземная разработка алмазосодержащей (кимберлитовой) руды сопряжена с поступлением обильного количества воды в горные выработки. Несвоевременная откачка воды может привести к чрезвычайной ситуации. Откачку всей воды, поступающей в горные выработки кимберлитовых рудников Российской Федерации, обеспечивают главные водоотливные установки, надежность насосного оборудования которых является достаточно низкой. Средняя наработка на отказ насосного оборудования составляет порядка 350 мото-часов. В связи с частыми отказами насосного оборудования водоотливные установки кимберлитовых рудников вынуждены работать в аварийных режимах, что категорически недопустимо. Исходя из вышеизложенного, констатируем, что повышение эффективности эксплуатации главных водоотливных установок кимберлитовых рудников является весьма актуальной научно-практической задачей в настоящее время. В данной статье представлен комплекс мер по обеспечению безаварийной работы главных водоотливных установок кимберлитовых рудников. Данный комплекс мер был разработан автором статьи по результатам: опросов инженерно-технического и рабочего персонала кимберлитовых рудников Российской Федерации, обследований водоотливных хозяйств кимберлитовых рудников Российской Федерации, а также проведения экспериментальных испытаний и обработки значительного практического материала по эксплуатации насосного оборудования, и изложен в виде 8 пунктов. Данные практические рекомендации также могут быть полезны и в других отраслях народного хозяйства Российской Федерации, где используются секционные насосы, в частности, в угледобывающей отрасли.

Abstract: In the short time, almost all diamond mining in the Russian Federation will switch to underground mining. The underground mining of diamond-containing (kimberlite) ore involves the ingress of a liberal amount of water into the mine workings. Untimely pumping of water can lead to an emergency. Pumping of all the water coming into the mine workings of the kimberlite mines of the Russian Federation is carried out by the main pumping units, the reliability thereof is quite low. Mean time between failures of pumping equipment is about 350 motor-hours. Due to frequent failures of pumping equipment, the main drainage units of kimberlite mines are forced to operate in emergency conditions, which is categorically unacceptable. Based on the above, we note that improving the efficiency of operation of the main drainage units of a kimberlite mines is a very urgent scientific and practical task at the present time. This article presents a set of measures to ensure trouble-free operation of the main drainage units of kimberlite mines. This set of measures was developed by the author of the article based on the results of: surveys of engineering and working personnel of kimberlite mines of the Russian Federation, surveys of drainage units of kimberlite mines of the Russian Federation, as well as experimental tests and processing of significant practical material for the operation of the pumping equipment, and presented in the form of 8 positions. These practical recommendations can also be useful for other sectors of the national economy of the Russian Federation, where sectional pumps are used, in particular, in the coal industry.

Ключевые слова: кимберлитовый рудник, главная водоотливная установка, надежность, секционный насос, рекомендации, узел гидронапоя, подшипниковые узлы.

Key words: kimberlite mine, main drainage unit, reliability, sectional pump, recommendations, hydraulic balancing machine unit, bearings.

В связи с текущей интенсивной разработкой кимберлитовых месторождений открытым способом уже в ближайшей перспективе подземная добыча алмазов будет доминировать в Российской Федерации.

Одним из минусов перехода на подземный способ добычи алмазов, как и любого другого полезного ископаемого, является существенное ужесточение требований к водоотведению из горных

вых рудников Компании, обследований водоотливных хозяйств кимберлитовых рудников Компании, а также проведения экспериментальных испытаний и обработки значительного практического материала по эксплуатации насосного оборудования, и изложен в виде 8 пунктов.

п. 1) Рекомендуется на кимберлитовых рудниках Компании использовать главные водоотливные установки с отрицательной высотой всасыва-

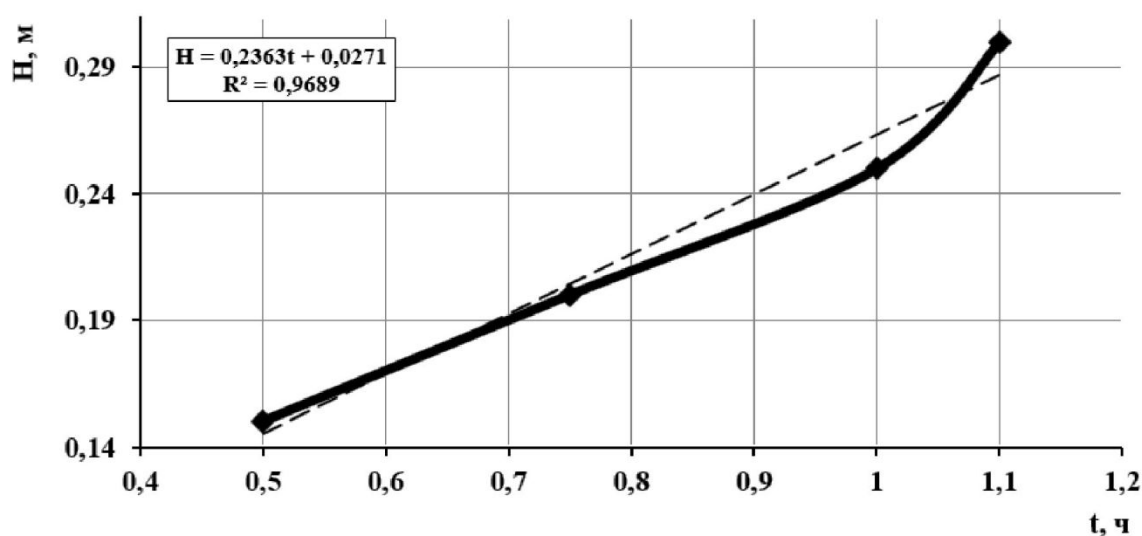


Рис. 1. Линейная зависимость $H = f(t)$

Fig. 1. Linear dependence $H = f(t)$

выработок. При подземной разработке месторождений твердых полезных ископаемых поступающая в горные выработки шахтная вода может привести не только к ухудшению качества алмазов, но и даже к гибели людей.

В связи с этим констатируем, что разработка научно обоснованных рекомендаций по повышению эффективности функционирования главных водоотливных хозяйств кимберлитовых рудников нашей страны, отвечающих за водоотведение, является востребованной научно-практической задачей.

В данной статье представлен и в достаточной степени обоснован комплекс мер по обеспечению безаварийной работы главных водоотливных установок кимберлитовых рудников, эксплуатируемых АК «АЛРОСА» (далее – Компания).

Данный комплекс мер был разработан автором статьи по результатам: опросов инженерно-технического и рабочего персонала кимберлитовых

рудников, так как их насосное оборудование – секционные насосы, по сравнению с насосным оборудованием водоотливных установок с положительной высотой всасывания обладает большим КПД и ему практически не свойственны такие негативные физические процессы, как помпаж и кавитация, приводящие к серьезным разрушениям насосного оборудования в различных отраслях народного хозяйства [1-4].

В настоящее время в Компании главная водоотливная установка с отрицательной высотой всасывания используется не только на руднике «Удачный».

п. 2) Рекомендуется использовать осветляющие резервуары более значительных размеров, так как практика показала (на примере рудника «Удачный»), что осветление шахтной воды (т.е. ее разделение на жидкую и твердую фазы) при общепринятых размерах этих гидротехнических сооружений оказалось малоэффективным.



Рис. 2. Эмульсия в камере подшипника секционного насоса модели JSH 200, Удачный ГМК
Fig. 2. The emulsion in the bearing chamber of the sectional pump JSH 200, Udachny GOK

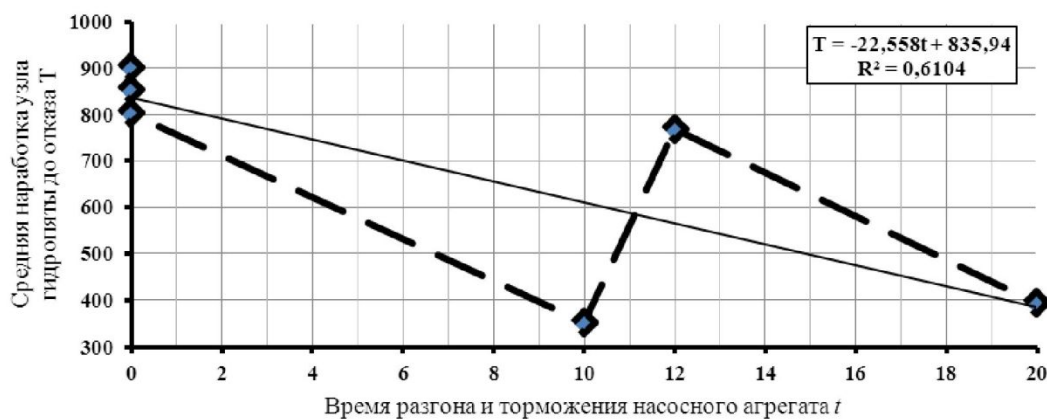


Рис. 3. Линейная зависимость $T = f(t)$
Fig. 3. Linear dependence $T = f(t)$

Экспериментальные исследования показали, что концентрация механических примесей в шахтной воде, являющихся ее твердой фазой, имеет определенную обратную корреляцию (коэффициент детерминации $R^2 = \sim 0,5$) с долговечностью наиболее отказывающего элемента в конструкции секционного насоса – узла гидропаты [5-10].

Таким образом, улучшив процесс осветления загрязненной воды, можно заметно повысить долговечность насосного оборудования [11-13].

Для расчета габаритов осветляющих резервуаров – рекомендуется использовать формулы (1) и (2), где вторая является эмпирической (рис. 1).

$$V = Qt \quad (1), \quad H = 0,2363t + 0,0271 \quad (2)$$

где V – рабочий объем осветляющего резервуара; Q – прогнозируемый часовой водоприток; t – время осаждения механических примесей в осветляющем резервуаре; H – глубина осветляющего резервуара.

п. 3) Для повышения промышленной безопасности рекомендуется в процессе эксплуатации

главной водоотливной установки в меньшей степени задействовать насос, который может откачивать шахтную воду из двух водосборников. Данный насос рекомендуется запускать в работу только в аварийной ситуации.

п. 4) Рекомендуется в качестве насосного оборудования использовать секционные насосы только коррозионностойкого исполнения, так шахтная вода, откачиваемая из горных выработок кимберлитовых рудников Компании, является химически активной натурной жидкостью [9, 10, 14, 15].

Пояски рабочих колес насосов должны быть предварительно упрочнены. Кроме этого, секционные насосы обязательно должны быть оснащены специальной защитой от попадания шахтной воды в подшипниковые узлы [8].

Поломка подшипниковых узлов секционных насосов главных водоотливных установок кимберлитовых рудников Компании по вышеназванной причине очень распространенное явление (рис. 2) [8].

п. 5) Рекомендуемое время разгона и торможения секционных насосов главной водоотливной



Рис. 4. Последствия работы секционного насоса модели НЦС(К) 400-660 в аварийном режиме, Мирнинский ГОК

Fig. 4. The consequences of operation of the sectional pump model NTSS(K) 400-660 in emergency mode, Mirniy GOK

установки составляет около 10 секунд, так как согласно экспериментальным исследованиям (рис. 3), при большей величине времени детали проточной части насосов, в частности узел гидропаты, начинают более активно изнашиваться, что ведет к их преждевременным отказам [9, 10].

п. 6) Для оперативного ограничения работы секционного насоса главной водоотливной установки в аварийных режимах рекомендуется его оснащать следующими контрольно-измерительными приборами: расходомером на трубе разгрузки, вибро- и термодатчиками на трубе разгрузки и подшипниковых узлах, датчиком осевого сдвига ротора на подшипниковом узле [9].

Стоит отметить, что под аварийными режимами работы секционного насоса следует понимать его работу с критическим осевым сдвигом ротора в сторону всасывания (обычно $2,8 \div 3$ мм).

Последствия длительной работы секционных насосов в аварийных режимах наглядно приведены на рисунке 4.

п. 7) С целью более эффективной борьбы с аварийными режимами работы секционных насосов главных водоотливных установок кимберлитовых рудников Компании рекомендуется вместо стандартных узлов гидропаты использовать узлы гидропаты повышенного диаметра, что позволит

снизить давление на ротор насоса.

п. 8) Для повышения надежности электродвигателя секционного насоса его номинальный напор должен быть в $1,5 \div 1,7$ раза больше фактического полного манометрического напора. Обработка практического материала по работе секционных насосов кимберлитовых рудников Компании показала, что только секционные насосы водоотливной установки ВНС-163 рудника «Айхал» подобраны оптимально.

Работа секционных насосов остальных исследованных девяти водоотливных установок кимберлитовых рудников Компании, как показали исследования, сопряжена либо с большим риском отказа электродвигателя из-за перегрузки, либо с повышенными затратами на электроэнергию.

Применение предложенных автором рекомендаций позволит снизить вероятность возникновения отказов насосного оборудования кимберлитовых рудников Компании, что положительно скажется на промышленной безопасности при ведении в них горных работ.

Данные рекомендации также могут быть полезны и в других отраслях народного хозяйства страны, где используются секционные насосы, в частности, в угледобывающей отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов В. М. Рудничные водоотливные установки. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1983. – 304 с.
2. Adam A. Resonance of torsional vibrations of centrifugal pump shafts due cavitation erosion of pump impellers / A. Adam, H. Adam, L. Mariusz // Engineering Failure Analysis, 2016. – V. 70. – P. 56–72.
3. Pankaj P. Gohil. Effect of temperature, suction head and flow velocity on cavitation in a Francis turbine of small hydro power plant / P. Pankaj Gohil, R. P. Saini // Energy. 2015. – V. 93, – N. 1. – P. 613–624.

4. Arun M. Cavitation Modelling and Characteristic Study of a Centrifugal Pump Impeller// International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering, 2014. – V. 1. – N. 10. – P. 268–273.
5. Анализ эффективности разгрузочных устройств шахтных центробежных секционных насосов / А. В. Долганов, А. О. Еслентьев, Е. О. Чериков, Э. Ю. Торопов // Известия Уральского государственного горного университета, 2014. – № 2(34). – С. 31–35.
6. О разработке шахтных центробежных секционных двухпоточных насосов / С. А. Тимухин, А. В. Долганов, Ю. В. Попов, Е. О. Чериков, А. О. Еслентьев, Э. Ю. Торопов // Известия Уральского государственного горного университета, 2014. – № 2(34). – С. 41–44.
7. Долганов А. В. Влияние износа элементов проточной части шахтных насосов ЦНС(К)300-360 на режимы их работы // Известия Уральского государственного горного университета, 2012. – № 27-28. – С. 110–113.
8. Овчинников Н. П. Некоторые проблемы эксплуатации насосов главного водоотлива подземного рудника «Удачный» / Н. П. Овчинников, А. Г. Смыслов // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2017. Специальный выпуск 24. Геомеханические и геотехнологические проблемы освоения недр Севера. – С. 83–92.
9. Vikulov M. A. Measurements of section pump rotor axial position at Udachny mine / M. A. Vikulov, N. P. Ovchinnikov, D. E. Makhno // Advances in Engineering Research, 2017. – V. 133. – P. 884–891.
10. Овчинников Н. П. Оценка долговечности секционных насосов подземных рудников АК «АЛРОСА» / Н. П. Овчинников, И. В. Зырянов // Горный журнал, 2017. – № 10. – С. 44–48.
11. Горелкин И. М. Гидромеханизированный комплекс оборудования для очистки воды в системах шахтного водоотлива // Записки горного института, 2014. – Т. 209. – С. 170–172.
12. Пономаренко М. В. Очистка подземных водосборников от шлама / М. В. Пономаренко, Н. А. Алиев, А. П. Кононенко // Материалы IV международной научно-технической студенческой конференции «Механика жидкости и газа». – Донецк: ДонНТУ, 2005. – С. 146–149.
13. Rick K. Considerations is selecting a positive displacement slurry pump // Mining World, 2016. – V. 13. N. 4. – P. 34–37.
14. 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.
15. Дроздов А. В. Особенности гидромеханического мониторинга под водными объектами на алмазных месторождениях Западной Якутии / А. В. Дроздов, Н. П. Крамсков, Г. Н. Гензель // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2011. – № 1(48). – С. 72–79.

REFERENCES

1. Popov V. M. Rudnichnye vodootlivnye ustanovki. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Nedra, 1983. – 304 p.
2. Adam A. Resonance of torsional vibrations of centrifugal pump shafts due cavitation erosion of pump impellers / A. Adam, H. Adam, L. Mariusz // Engineering Failure Analysis, 2016. – V. 70. – P. 56–72.
3. Pankaj P. Gohil. Effect of temperature, suction head and flow velocity on cavitation in a Francis turbine of small hydro power plant / P. Pankaj Gohil, R. P. Saini // Energy. 2015. – V. 93, – N. 1. – P. 613–624.
4. Arun M. Cavitation Modelling and Characteristic Study of a Centrifugal Pump Impeller// International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering, 2014. – V. 1. – N. 10. – P. 268–273.
5. Analiz effektivnosti razgruzochnyh ustrojstv shahtnyh tsentrobezhnyh sektionnyh nasosov / A. V. Dolganov, A. O. Eslen'tev, E. O. Cherakov, E. Ju. Toropov // Izvestija Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 2014. – № 2(34). – P. 31–35.
6. O razrabotke shahtnyh tsentrobezhnyh sektionnyh dvuhpotochnykh nasosov / S. A. Timuhin, A. V. Dolganov, Ju. V. Popov, E. O. Cherakov, A. O. Eslen'tev, E. Ju. Toropov // Izvestija Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 2014. – № 2(34). – P. 41–44.
7. Dolganov A. V. Vlijanie iznosa elementov protochnoj chasti shahtnyh nasosov TsNS(K)300-360 na rezhimy ih raboty // Izvestija Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 2012. – № 27-28. – P. 110–113.
8. Ovchinnikov N. P. Nekotorye problemy ekspluatatsii nasosov glavnogo vodootliva podzemnogo rudnika

«Udachnyj» / N. P. Ovchinnikov, A. G. Smyslov // Gornyj informatsionno-analiticheskij bjulleten', 2017. Spetsial'nyj vypusk 24. Geomechanicheskie i geotehnologicheskie problemy osvoenija neдр Severa. – P. 83–92.

9. Vikulov M. A. Measurements of section pump rotor axial position at Udachny mine / M. A. Vikulov, N. P. Ovchinnikov, D. E. Makhno // Advances in Engineering Research, 2017. – V. 133. – P. 884–891.

10. Ovchinnikov N. P. Otsenka dolgovechnosti sektionnyh nasosov podzemnyh rudnikov AK «ALROSA» / N. P. Ovchinnikov, I. V. Zyrjanov // Gornyj zhurnal, 2017. – № 10. – P. 44–48.

11. Gorelkin I. M. Gidromehanizirovannyj kompleks oborudovaniya dlja ochistki vody v sistemah shahtnogo vodootliva // Zapiski gornogo instituta, 2014. – T. 209. – P. 170–172.

12. Ponomarenko M. V. Ochistka podzemnyh vodosbornikov ot shlama / M. V. Ponomarenko, N. A. Aliev, A. P. Kononenko // Materialy IV mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy studencheskoj konferentsii «Mehanika zhidkosti i gaza». – Donetsk: DonNTU, 2005. – P. 146–149.

13. Rick K. Considerations is selecting a positive displacement slurry pump // Mining World, 2016. – V. 13. N. 4. – P. 34–37.

14. Drozdov A. V. Otsenka vozmozhnosti zakachki drenazhnyh rassolov kar'era i rudnika «Udachnyj» v srednekembrijskij vodonosnyj kompleks // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta, 2013. – № 7(28). – P. 32–40.

15. Drozdov A. V. Osobennosti gidromehanicheskogo monitoringa pod vodnymi ob"ektami na almaznyh mestorozhdenijah Zapadnoj Jakutii / A. V. Drozdov, N. P. Kramskov, G. N. Genzel' // Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta, 2011. – № 1(48). – P. 72–79.

Поступило в редакцию 18.01.2018

Received 18.01.2018