

**А.В. Долганов**

## **ВЛИЯНИЕ ГИДРОАБРАЗИВНОГО ИЗНОСА ЭЛЕМЕНТОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ МЕДНО-КОЛЧЕДАНЫХ РУДНИКОВ**

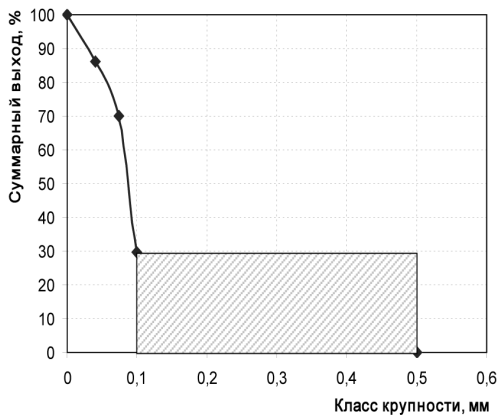
Рассмотрено повышение эффективности эксплуатации насосных установок главного водоотлива, которые являются одними из основных потребителей электроэнергии на горных предприятиях. Даны результаты экспериментальных исследований гидроабразивного износа центробежных насосов типа ЦНС(К) 300–360 и ЦНС(К) 300–420 на основе которых получены экспериментальные зависимости удельного гидроабразивного износа элементов проточной части насосов, которые соответствуют высокоабразивным примесям таких горных руд и пород, как: медная руда, дацитовые породы, спилиты и базальты и т.д., имеющих коэффициент крепости по М.М. Протодьяконову 13...16 и находящихся в откачиваемой шахтной воде, обладающей агрессивными свойствами. Приведены экспериментальные данные работы шахтных насосов в условиях Узельгинского подземного рудника. Полученные результаты и выводы могут быть использованы при создании условий работы шахтного водоотлива медно-колчеданных рудников с минимальным гидроабразивным износом.

*Ключевые слова:* гидроабразивный износ, центробежные насосы секционные кислотоупорные, шлам, наработка, шахтная вода.

**П**ри эксплуатации водоотливного оборудования приходится встречаться главным образом с абразивным изнашиванием, так как при откачивании вод в них всегда содержатся во взвешенном состоянии нерастворимые твердые частицы минерального происхождения, прохо-

дящие через проточную часть насоса [1].

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что продуктивная эксплуатация водоотливного оборудования, удлинение его срока службы, при длительном сохранении им КПД, имеет место лишь при зна-



**Рис. 1.** Ситовой анализ шлама



**Рис. 2.** Фото пробы шлама

нии закономерностей их износа или возможностей количественной оценки потери массы элементами насосов от абразивных сред, транспортируемых в воде на поверхность, что позволит применять эффективные способы защиты водоотливного оборудования от гидроабразивного износа.

Зависимости гидроабразивного износа от наработки проверяли в условиях Узельгинского подземно рудника (УзГР) ОАО Учалинский ГОК, УГМК на центробежных насосах типа ЦНС(К) 300–420 [3], установленных в насосных камерах гор. 340 м и ЦНС(К) 300–360 гор. 640 м.

Выполненные исследования химического состава и физикомеханических свойств шахтных вод в условиях УзГР представлены на рис. 1, 2, где приведен ситовый анализ шлама и фото этой же пробы шлама массой 6,8 г, полученный из пробы воды в объеме 1 л, при проведении исследований гидроабразивного износа насосов, т.е. за час вместе с шахтной водой им перекачивается около 2040 кг твердых, механических примесей.

Для определения износа элементов насоса в зависимости от числа его ступеней, наработки в часах и свойств шахтных вод исследовали работу насосов, производя взвешивание его элементов перед началом работы и после наработки насосом машиночасов, соответствующих проведению текущих ремонтов в насосной камере главного водоотлива соответствующего горизонта УзГР и в цехах РМЗ ОАО

УГОК в период проведения их капитальных ремонтов.

Удельный гидроабразивный износ  $J$  центробежного насоса зависит от многих факторов [1, 2, 4, 5, 6, 7, 8]: гранулометрического состава твердых частиц и их механических свойств (твердость, абразивность, крупность и др.), плотности и агрессивности шахтной воды, подачи насоса и развиваемого им напора, площади изнашиваемой поверхности (площадь контакта

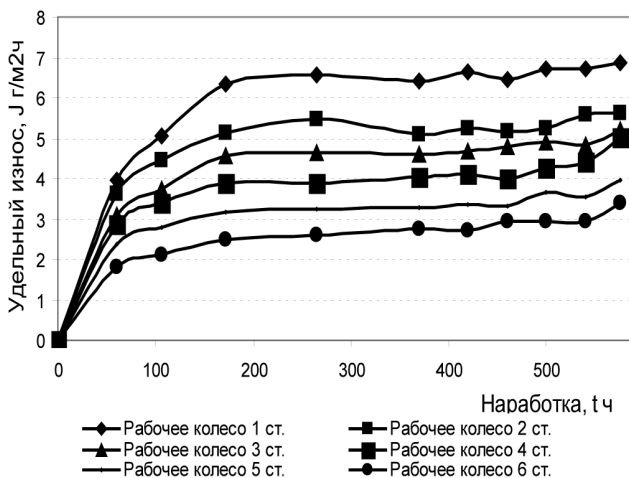


Рис. 3. Зависимости удельного износа рабочих колес насосов ЦНС(К) 300–360 от наработки на отказ

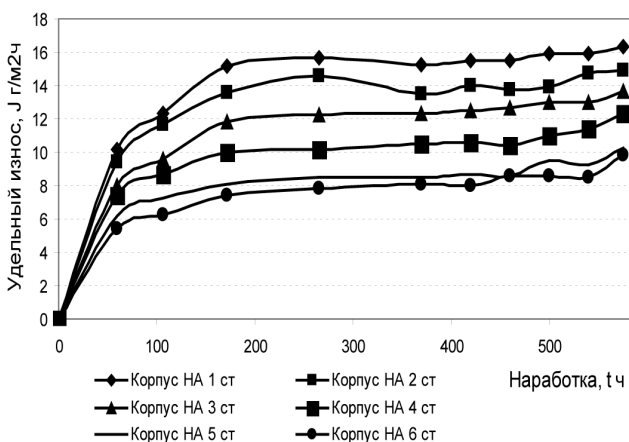


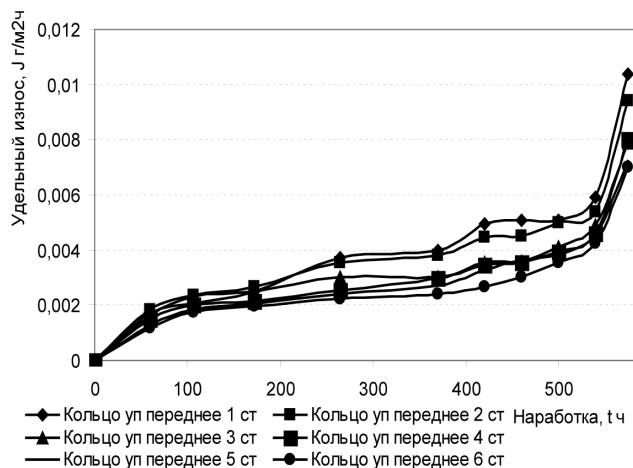
Рис. 4. Зависимости удельного износа корпусов направляющих аппаратов насосов ЦНС(К) 300–360 от наработки на отказ

твердых частиц с твердыми стенками деталей насоса)  $f_{\text{изн}}$ , времени наработки  $t$ .

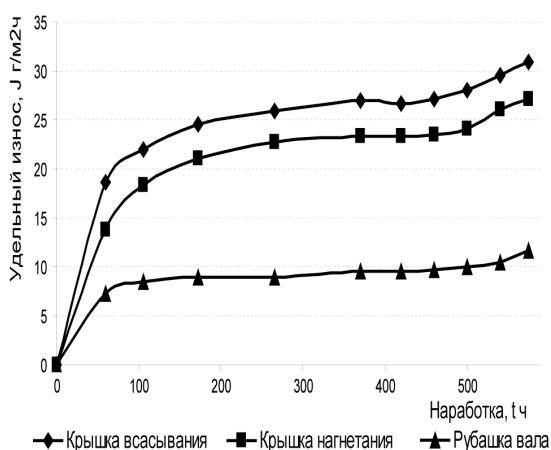
Удельный гидроабразивный износ  $J$  можно вычислить по формуле:

$$J = \frac{\Delta m}{t \cdot f_{\text{изн}}}, \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}) \quad (1)$$

где  $\Delta m$  – абсолютная убыль массы элементов проточной части насосов, зависит от вышеперечисленных факторов, а выявление зависимости от этих фак-



**Рис. 5. Зависимости удельного износа передних уплотнительных колец насосов ЦНС(К) 300–360 от наработки на отказ**



**Рис. 6. Зависимости удельного износа крышек всасывания, нагнетания и рубашки вала насосов ЦНС(К) 300–360 от наработки на отказ**

торов требует проведения дальнейших исследований,  $g$ ;  $f_{\text{изн}}$  – площадь изнашиваемой поверхности,  $\text{м}^2$ ;  $t$  – время работы насоса, ч.

Результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 3–6.

Графики показывают:

- удельный износ рабочих колес по ступеням насосов различается незначительно;

- удельный износ корпусов направляющих аппаратов насосов в 2–2,5 раза выше износа рабочих колес;

- удельный износ крышек всасывания, нагнетания и рубашек вала, насосов в среднем в 4,55 раза выше износа рабочих колес;

- в насосах типа ЦНС(К), эксплуатирующихся в условиях медно-колчеданных рудников, неравномерность удельного износа элементов проточной части насосов при их равной твердости поверхности деталей и свойств металла объясняется неравномерным контактом острогранных абразивных частиц с поверхностью при их проходе через насос, а так как при переходе этих частиц из одной секции в следующую и т.д. происходит частичное затупление острых граней абразива, то в дальнейшем частично снижается удельный износ его деталей, но с увеличением наработки гидроабразивный износ увеличивается.

Полученные экспериментальные зависимости удельного гидроабразивного износа элементов проточной части насосов соответствуют высоко-абразивным примесям таких горных руд и

Таблица 1

**Уравнения регрессии удельного износа основных элементов проточной части насосов типа ЦНС(К)**

Наименование элемента насоса	Зависимость	Корреляционное отношение $R^2$
Рабочее колесо 1	$J_1 = 2 \cdot 10^{-7}t^3 - 0,0002t^2 + 0,0653t$	0,97
Рабочее колесо 6	$J_6 = 8 \cdot 10^{-8}t^3 - 0,00008t^2 + 0,0275t$	0,95
Корпус напр. аппарата 1	$J_1 = 4 \cdot 10^{-7}t^3 - 0,0005t^2 + 0,1605t$	0,96
Корпус напр. аппарата 6	$J_6 = 2 \cdot 10^{-7}t^3 - 0,0002t^2 + 0,0814t$	0,95
Переднее уплот. кольцо 1	$J_1 = 2 \cdot 10^{-10}t^3 - 10^{-7}t^2 + 3 \cdot 10^{-5}t$	0,91
Переднее уплот. кольцо 6	$J_6 = 10^{-10}t^3 - 10^{-7}t^2 + 3 \cdot 10^{-5}t$	0,96
Крышка нагнетания	$J_{кн} = 7 \cdot 10^{-7}t^3 - 0,0007t^2 + 0,2287t$	0,97
Крышка всасывания	$J_{кв} = 8 \cdot 10^{-7}t^3 - 0,0009t^2 + 0,2777t$	0,94
Рубашка вала	$J_{рв} = 3 \cdot 10^{-7}t^3 - 0,0003t^2 + 0,1063t$	0,91

пород, как: медная руда, дацитовые породы, спилиты и базальты и т.д., имеющих коэффициент крепости по М.М. Протождяконову 13...16 и находящихся в откачиваемой шахтной воде, обладающей агрессивными свойствами (табл. 1) [7, 8].

Одним из основных показателей, позволяющих оценивать эффективность работы насосов, является удельный расход электроэнергии, минимальные значения которого соответствуют рациональным режимам работы водоотливной установки.

К основным факторам, влияющим на уровень электропотребления насосных агрегатов, относятся подача насоса  $Q$ , напор  $H$  и плотность воды  $\rho$ .

Параллельно с исследованиями гидроабразивного износа проточной части центробежных насосов проводились исследования эксплуатационных качеств водоотливных установок по таким параметрам как: удельный расход электроэнергии  $w_{уд}$ , подача  $Q$ , напор  $H_m$  и плотность откачиваемой воды  $\rho$  представленные в табл. 2.

Как видно из табл. 2, с увеличением наработки насосов в условиях медно-колчеданных рудников и плотности воды подача насоса уменьшается, что свидетельствует о гидроабразивном износе элементов насосов, потребляемая и удельная электроэнергия возрастают, а КПД насоса, трубопровода и насосной установки снижаются, т.е. энергетические показатели водоотливных установок ухудшаются. Полученные данные могут найти применение для определения энергетической эффективности при эксплуатации рудничных водоотливных установок медно-колчеданных рудников. Для снижения гидроабразивного износа насосного оборудования необходимо применять комплекс мер:

1) обеспечивать условия работы насосов, соответствующие требованиям их заводов-изготовителей;

2) изготавливать элементы насоса из материалов, обладающих повышенной коррозионной стойкостью и износостойкостью, включая современные полимер-

Таблица 2

**Экспериментальные данные работы шахтных насосов в условиях УзПР**

Тип и наработка насосной установки, ч	$w_{уд}$ , кВтч/м <sup>3</sup>	Q, м <sup>3</sup> /ч	H <sub>н</sub> , м	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	N, кВт	$\eta_{мш}$	$\eta_n$	$\eta_{тр}$	$\eta_{дв}$
ЦНСК 300–360 № 3 55	1,38	385	316,5	1008	531	0,64	0,7	0,96	0,95
	1,42	378,5	319,9	1019	537,5	0,62	0,69	0,95	0,95
	1,47	369	319,9	1022	541,1	0,60	0,67	0,95	0,95
	1,53	358,5	325,5	1037	547,5	0,58	0,66	0,93	0,95
	1,58	348,7	329,6	1050	552,1	0,58	0,67	0,92	0,95
ЦНСК 300–360 № 4 192	1,41	348,6	337	1007	492	0,63	0,72	0,92	0,95
	1,52	327,24	336	1018	497,3	0,59	0,68	0,91	0,95
	1,59	311,14	336	1023	495,6	0,56	0,65	0,91	0,95
	1,74	282,81	335	1038	493	0,52	0,61	0,9	0,95
	1,9	260,86	332	1051	496,4	0,47	0,55	0,9	0,95
ЦНСК 300–420 № 4 100	1,9	227,56	375	1006	431,6	0,52	0,60	0,92	0,95
	1,93	225,6	376	1016	435,1	0,52	0,59	0,92	0,95
	1,96	223,42	378	1029	437,8	0,52	0,60	0,91	0,95
	2,01	216,8	378	1038	436	0,51	0,59	0,91	0,95
	2,11	207,1	378	1052	436,9	0,49	0,57	0,91	0,95
ЦНСК 300–420 № 2 821	1,6	335,13	351	1009	533,7	0,62	0,67	0,98	0,95
	1,63	332,1	353	1019	541,5	0,61	0,66	0,97	0,95
	1,66	330,78	355	1025	549,2	0,61	0,66	0,97	0,95
	1,72	319,2	360	1042	548,4	0,59	0,65	0,96	0,95
	1,8	305,03	363	1054	550,1	0,58	0,64	0,95	0,95
ЦНСК 300–420 № 1 1124,8	2,6	175,66	352	1005	456	0,38	0,41	0,98	0,95
	2,65	172,8	355	1018	458,7	0,37	0,40	0,97	0,95
	2,71	169,8	354	1024	460,6	0,37	0,40	0,97	0,95
	3,1	147,6	353	1042	462,4	0,32	0,35	0,97	0,95
	3,8	122,45	358	1062	467	0,27	0,30	0,96	0,95

ные, углепластиковые, стеклопластиковые и другие композитные материалы;

3) применять отдельные схемы откачки не осветленных и осветленных вод.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Долганов А.В. Современное состояние рудничного водоотлива при обработке медно-колчеданных месторождений Южного Урала // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 2. – С. 12–15.

2. Боярских Г.А. Теория старения и восстановления машин. – Екатеринбург: УГТУ, 2007. – С. 175.

3. Номенклатурный каталог насосов «Линк-Продукт», 2008. – 43 с.

4. Олизаренко В.В. Мингажев М.М. Рудничный водоотлив при обработке медно-колчеданных месторождений Южного Урала. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – С. 252.

5. Попов В.М. Водоотливные установки. Справочное пособие. – М.: Недра, 1990. – С. 254.

6. Федосеев А.Ю., Тимофеев Я.В. Исследования WARMAN в области износа шлама-

вых насосов // Горная промышленность. – 1999. – № 2. – С. 24–26.

7. Долганов А.В. Повышение эффективности эксплуатации водоотливных установок медноколчеданных рудников: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Екатеринбург: УГГУ, 2012. – С. 17.

8. Долганов А.В., Оглобличев С.Н. Исследование зависимости гидро-абразивного

износа центробежных насосов от продолжительности их работы в условиях медноколчеданных рудников / Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник трудов X международной научно-технической конференции «Чтения памяти В.Р. Кубачека». – Екатеринбург: УГГУ, 2012. – С. 52–56. **ГИАБ**

## **КОРОТКО ОБ АВТОРЕ**

---

Долганов Алексей Владимирович – кандидат технических наук, старший преподаватель, e-mail: AV.Dolganov@yandex.ru, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.

---

UDC 622.53 + 622.648

## **THE INFLUENCE OF HYDRO-ABRASIVE DEPRECIATION OF EXCRETORY ELEMENTS ON EX-PLOITATION QUALITIES OF ROTARY PUMPS AT COPPER AND PYRITES PITS**

Dolganov A.V., Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, e-mail: AV.Dolganov@yandex.ru, Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Magnitogorsk, Russia.

---

*The article focuses on the enhancement of the efficiency of pumping plants within the main mine drainage system, which are the key consumers of electric energy in mines. The experimental test data on hydroabrasive wear of centrifugal pumps, models CNSS(K) 300–360 and CNS(K) 300–420, are reported. Based on these data, formulas have been obtained for the specific hydroabrasive wear of parts in flow-through sections of pumps, for such highly abrasive rocks as copper ore, dacite, spilite, basalt and other rocks having Protodyakonov's hardness 13–16 and being present in extremely corrosive mine water to be pumped out. The operation of mine pumps is exemplified by the data obtained in terms of Uzelga mine. The findings and implications can be used in creating conditions for operation of mine drainage systems with minimized hydroabrasive wear in copper–pyritic ore mines.*

*Key words: hydro-abrasive depreciation, rotary pumps, slurry, mine water.*

## **REFERENCES**

1. Dolganov A.V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2009, no 2, pp. 1215.
2. Boyarskikh G.A. *Teoriya stareniya i vosstanovleniya mashin* (Theory of deterioration and revitalization of machines), Ekaterinburg, UGGU, 2007, pp. 175.
3. *Nomenklturnyy katalog nasosov «Link-Produkt» 2008* (Link-Product Pumps Catalog 2008), 43 p.
4. Olizarenko V.V. Mingazhev M.M. *Rudnichnyy vodootliv pri otrabotke medno-kolchedannykh mestorozhdeniy Yuzhnogo Urala* (Dewatering in copper–pyritic ore mines in the South Ural), Magnitogorsk, GOU VPO «MGU», 2010, pp. 252.
5. Popov V.M. *Vodootlivnye ustanovki. Spravochnoe posobie* (Dewatering pumps. Reference aid), Moscow, Nedra, 1990, pp. 254.
6. Fedoseev A.Yu., Timofeev Ya.V. *Gornaya promyshlennost'*. 1999, no 2, pp. 24–26.
7. Dolganov A.V. *Povyshenie effektivnosti ekspluatatsii vodootlivnykh ustanovok mednokolchedannykh rudnikov* (Enhancement of efficiency of dewatering pumps in copper–pyritic ore mines), Candidate's thesis, Ekaterinburg, UGGU, 2012, pp. 17.
8. Dolganov A.V., Ogloblichev S.N. *Tekhnologicheskoe oborudovanie dlya gornoy i neftegazovoy promyshlennosti: sbornik trudov Kh mezhdunarodnoy nauchno-tekhnikeskoy konferentsii «Chteniya pamyati V.R. Kubacheka»* (Process equipment for mining and petroleum industries: X International Conference Proceedings «Lectures in Memory of V.R. Kubachek»), Ekaterinburg, UGGU, 2012, pp. 52–56.

