

**Копытин Денис Валерьевич, Герике Борис Людвигович**, доктор техн. наук, профессор, **Ананьев Кирилл Алексеевич**, канд. техн. наук, доцент, **Ермаков Александр Николаевич**, канд. техн. наук, доцент

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: aka.kgmik@kuzstu.ru

## **ВЛИЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПАРАМЕТР ПОТОКА ОТКАЗОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОМПЛЕКСОВ ГЛУБОКОЙ РАЗРАБОТКИ ПЛАСТА**

### **Аннотация:**

*При эксплуатации комплексов глубокой разработки пласта в тяжелых климатических условиях возникают проблемы с работоспособностью их гидравлических систем. На основе комплексов типа SHM установлено влияние наработки на параметры гидравлического масла, а также влияние механических примесей в масле на параметр потока отказов гидравлического оборудования.*

**Ключевые слова:** *Комплекс глубокой разработки пласта (КГРП), отказы гидравлического оборудования, кинематическая вязкость рабочей жидкости*

**Информация о статье:** принята 01 октября 2019 г.

DOI: 10.26730/1816-4528-2019-4-21-25

*Введение.* Эксплуатация горной техники в районах с суровыми природно-климатическими условиями требует решения проблемы повышения эффективности ее использования как за счет применения оборудования повышенной надежности, так и за счет разработки мероприятий, улучшающих качество эксплуатации. При ведении открытых горных работ в узлах и агрегатах горного оборудования происходят сложные физические и химические процессы, некоторые из них необходимы для получения полезной работы, другие же являются вредными и с их действием приходится мириться.

Процессы, протекающие в машине при ее работе, обуславливаются как воздействием внешней среды, так и факторами эксплуатационного характера. В результате этого ресурс ее работоспособности снижается и может быть восстановлен только во время ремонтов, поэтому одной из задач повышения работоспособности и долговечности горных машин, эксплуатируемых на поверхности, является определение и исследование факторов, неблагоприятно влияющих на показатели их надежности.

Эксплуатация комплексов глубокой разработки пластов типа SHM [1, 2] в условиях низких температур сопряжена с серьезными трудностями. С понижением температуры затрудняется пуск двигателя, резко увеличивается (вследствие загустевания смазочных материалов) сопротивление движению, что требует увеличения мощности, происходит интенсивное ухудшение эксплуатационных свойств рабочих жидкостей, смазочных материалов, резинотехнических изделий и конструкционных материалов, приводящее к снижению работоспособности.

*Постановка задачи.* Исследовать влияние низких температур и эксплуатационных свойств рабочих жидкостей на работоспособность комплексов глубокой разработки пластов типа SHM.

*Решение поставленной задачи.* Влияние таких факторов, как низкие температуры окружающей среды, их резкий перепад, пыль, ветер, влажность и др., наиболее активно и неблагоприятно сказывается именно на работе машины. Пыль, осаждающаяся на сухих, не смазываемых поверхностях, приводит к абразивному изнашиванию подвижных элементов гидросистемы, ухудшению теплоотдачи рабочей жидкости (содержание пыли в работающих густых смазках доходит до 55%, а в маслах – до 0,22% [3-6]), вызывает ее перегрев и снижение сроков службы механизмов.

Низкие температуры воздуха вызывают резкое уменьшение ударной вязкости сталей и других конструкционных материалов гидравлических систем, замерзание смазочных материалов и рабочих жидкостей, конденсацию влаги в элементах гидросистем [6-8].

В зимний период времени резко увеличивается аварийность горной техники. Опыт эксплуатации комплекса глубокой разработки пластов на юге Кузбасса показывает, что в зимние месяцы по сравнению с летними значительно увеличивается доля аварийных простоев по причине разрушения узлов металлоконструкций и отказов пневмо- и гидросистем. Параметр потока отказов [9, 10] комплексов типа SHM в зимние месяцы по сравнению с летними возрастает в 1,3...1,5 раза, что приводит к возрастанию длительности простоев и снижению технической производительности (рис. 1).

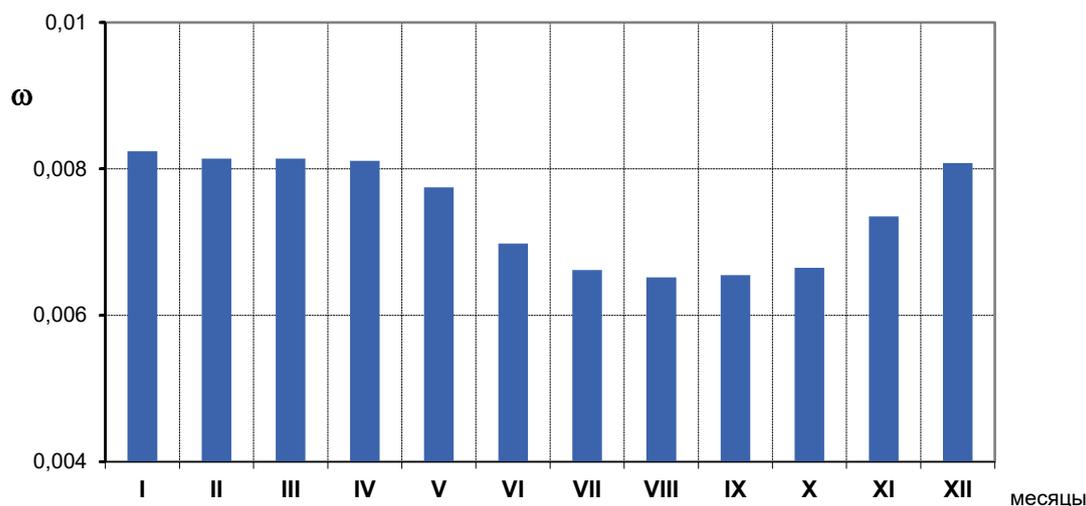


Рис. 1. Изменение параметра потока отказов по месяцам года  
 Fig. 1. Graph of the flow of failure parameter by months of the year

Таблица 1. Показатели характеристик масла в гидросистемах  
 Table 1. Indicators of hydraulic fluid characteristics in hydraulic systems

Показатель	Температура вспышки, °С	Кинематическая вязкость при температуре 40°С, сСт	Кинематическая вязкость при температуре 100°С, сСт	Механические примеси, %
SHM-28	128	21,1	5,1	0,85
SHM-29	137	24,5	4,9	1,64
<b>Норма</b>	<b>220</b>	<b>30...35</b>	<b>7,6</b>	<b>0,01</b>

Гарантированный запас по уровню предельных значений отрицательных температур составляет [6]:

- для электрооборудования – не менее –35...–40°С;
- для резинотехнических изделий – не менее –35°С;
- для рабочих жидкостей – не менее –25°С.

Опыт эксплуатации гидравлических систем показал, что качественная работа гидрооборудования во многом зависит от типа гидравлического масла, его рабочего состояния и правильной фильтрации. Параллельно своему основному предназначению масло выполняет еще ряд важных функций: оно смазывает трущиеся поверхности, охлаждает нагретые части насосов и двигателей, уносит в масляный бак продукты разрушения и участвует в механохимических процессах, происходящих в сопряжении деталей, выполненных из различных конструкционных материалов. Таким образом, гидравлическое масло само может быть отнесено к конструкционному материалу, свойства которого влияют на долговечность, надежность и ресурс гидравлических систем в межремонтный период.

Тяжелые условия эксплуатации рабочей жидкости в жестких погодных-климатических условиях заставляют серьезно относиться к вопросу о применяемых гидравлических маслах и их качественных показателях, которыми могут служить:

- температура вспышки;
- кинематическая вязкость при (+40)°С;
- кинематическая вязкость при (+100)°С;

- содержание механических примесей (частицы угля и кремния, металлов серого и желтого цветов).

Остальные параметры, такие как кислотное число, наличие ВКЩ (водорастворимых кислот и щелочей), температура текучести и застывания, температура воспламенения в открытом тигле не принимались во внимание из-за нерегулярности их определения и невозможности сформулировать достоверные выводы. Полный анализ по всем этим параметрам обязательно проводится в случае длительного простоя, вызванного аварийной поломкой какого-либо гидравлического узла.

Для установления изменения указанных свойств масел в процессе эксплуатации рассмотрена работа двух комплексов SHM, эксплуатируемых на разрезе «Распадский» за четырехлетний период. Период отбора проб из гидросистемы комплексов составлял полтора – два месяца. При возникновении аварийной ситуации, связанной с выходом из строя гидравлических узлов и компонентов, масло на пробу отбиралось на следующий день.

Полученные результаты позволили установить типичные изменения характеристик нового масла в гидросистемах комплексов типа SHM (рис. 2). В таблице 1 приведены усредненные показатели характеристик масла в гидросистемах рассматриваемых комплексов SHM-28 и SHM-29 (приведены худшие показатели за весь период эксплуатации).

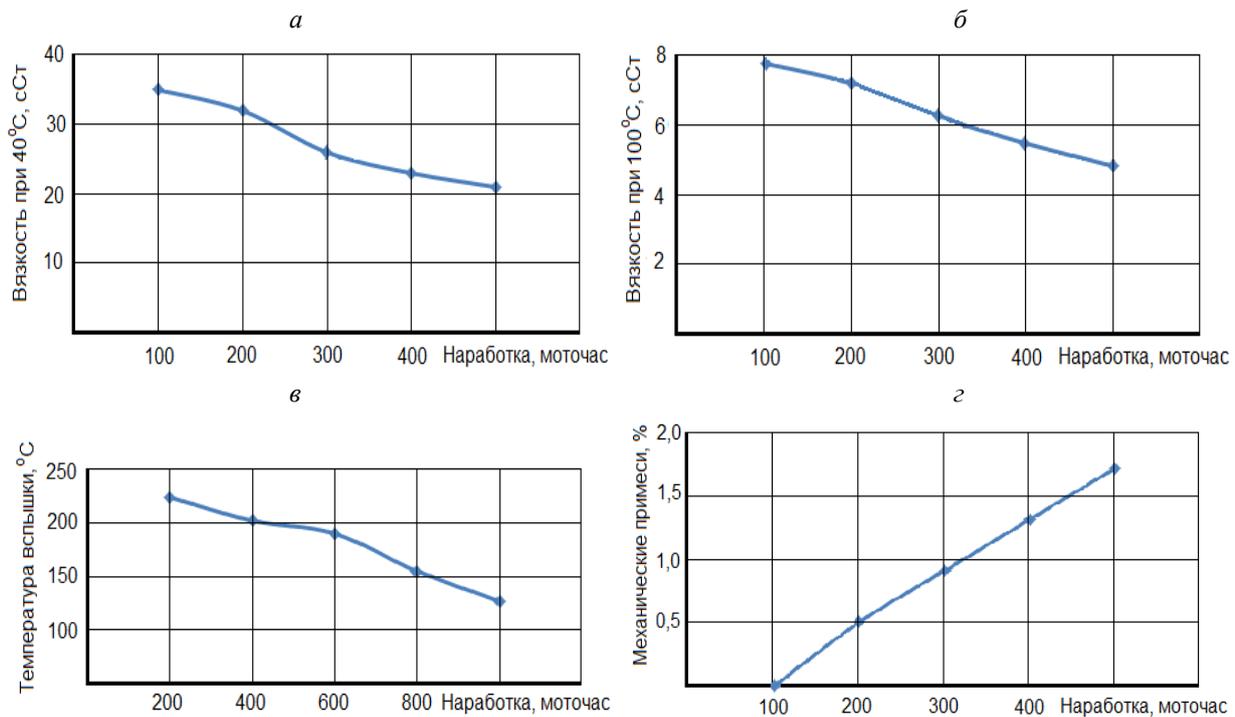


Рис. 2. Изменение качественных показателей масла во времени по худшему результату  
 Fig. 2. Change of hydraulic fluid quality indicators over time by the worst result

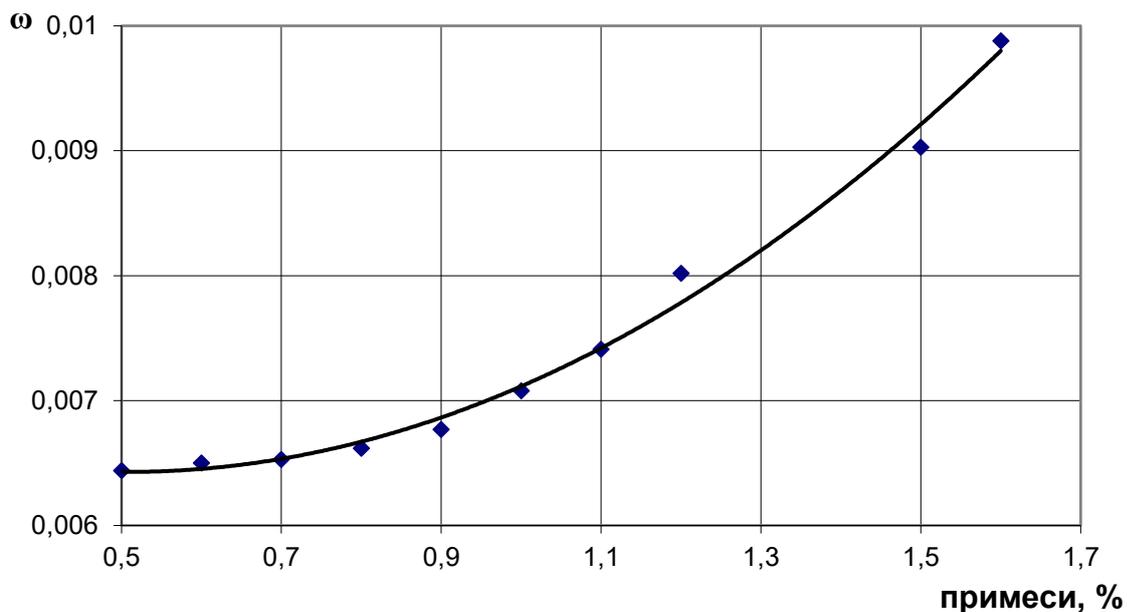


Рис. 3. Изменение параметра потока отказов от процентного содержания механических примесей в масле  
 Fig. 3. Change of the failure flow parameter versus the percentage of mechanical impurities in the hydraulic fluid

Согласно таблице 1 анализ изменения качественных показателей масел в гидравлической системе комплексов SHM показал, что существуют отклонения от заявляемых норм:

- обнаруженные частицы механических примесей (в основном это частицы угля и песка) продолжают находиться в системе в течение всего периода эксплуатации примерно в одинаковой пропорции, что указывает на недостаточно эффективную фильтрацию масла;

- кинематическая вязкость и температура вспышки масла оказываются существенно ниже нормы, заявленной изготовителями, уже через 400...600 моточасов работы.

Снижение термохимических характеристик можно объяснить относительно высокой рабочей температурой масла. При продолжительном действии высокой температуры ускоряется процесс окисления (процесс присоединения кислорода к наименее стабильным углеводородам). В результате окисления в жидкости образуются растворимые кислые продукты, а также продукты высокого

молекулярного веса, которые выпадают в виде лакообразных отложений и тяжелых липких осадков [11]. Положение не спасает наличие в масле ингибитора, способного удлинить индукционный период окисления.

В результате проведенных исследований изменения качественных показателей масла во времени была выявлена зависимость параметра потока аварийных отказов  $\omega$  гидравлической системы, где наблюдался увеличенный процент содержания механических примесей (рис. 3).

**Выводы.** При работе комплексов глубокой разработки пластов типа SHM в период низких отрицательных температур увеличивается в 1,3...1,5 раза параметр потока отказов, что приводит к возрастанию длительности простоев и снижению технической производительности примерно на 40% в зимний период времени.

Основным фактором, влияющим на снижение работоспособности гидросистемы комплексов SHM, является потеря заявленных свойств рабочей жидкости и ее загрязнение как продуктами разрушения углепородного массива, так и продуктами износа трущихся пар гидросистемы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shen Baotang. Highwall Mining Stability – Taishan Academic Forum – Project on Mine Disaster Prevention and Control. – October, 17-20 Qingdao, China. – Atlantis Press. Amsterdam, Paris, Beijing. 2014. P. 184-189.
2. Sasaoka T. Application of highwall mining system in weak geological condition / Takashi Sasaoka, Tri Karian, Akihiro Hamanaka, Hideki Shimada, Kikuo

Matsui // International Journal of Coal Science & Technology. – 2016. – Т. 3. – №. 3. – С. 311-321.

3. Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров. – М.: изд-во «Майнинг медиа групп», 2013. – 594 с.

4. Квагинидзе В.С., Петров В.Ф., Зарипова С.Н. Прогнозирование безопасного функционирования экскаваторно-автомобильных комплексов горнодобывающих предприятий Севера – М.: изд-во МГГУ, 2007. – 270 с.

5. Русихин В.И., Кравченко В.М. Ремонтная технологичность карьерных механических лопат. – М.: изд-во МГГУ, 2002. – 232 с.

6. Квагинидзе В.С., Петров В.Ф., Корецкий В.Б. Эксплуатация карьерного оборудования. – М.: изд-во МГГУ, 2009. – 586 с.

7. Квагинидзе В.С., Петров В.Ф., Чупейкина Н.Н. Восстановление металлоконструкций горно-транспортного оборудования. – М.: изд-во МГГУ, 2007. – 457 с.

8. Металлоконструкции горных машин. Конструкция, эксплуатация расчет./ В.С. Квагинидзе, Г.И. Козовой, В.Ф. Петров [и др.]. – М.: изд-во «Горная книга», 2011. – 392 с.

9. Павлов А.И., Тарбеев А.А., Вдовин С.Л. Надежность, диагностика и защита гидроприводов транспортно-технологических машин. – Йошкар-Ола: изд. ПГТУ, 2017. – 376 с.

10. Надежность машин и механизмов./В.А. Черкасов, Б.А. Кайтуков, П.Д. Капырин [и др.]. – М.: изд. МГСУ, 2015. – 271 с.

11. Сырицын Т.А. Эксплуатация и надежность гидро- и пневмоприводов. – М.: – Машиностроение, 1990. – 248 с.

**Denis V. Kopytin, Boris L. Gerike**, Dr. Sc. in Engineering, Professor, **Kirill A. Ananiev**, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, **Aleksander N. Ermakov**, C. Sc. in Engineering, Associate Professor

T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesennyaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation

## ENVIRONMENTAL INFLUENCE ON THE FLOW PARAMETER OF HYDRAULIC EQUIPMENT FAILURE OF SUPERIOR HIGHWALL MINER SYSTEMS

### **Abstract:**

*During the operation of Superior Highwall Miner (SHM) systems in severe climatic conditions, problems arise with the operability of their hydraulic systems. Based on SHM-type systems, the effect of running hours on the parameters of hydraulic oil, as well as the effect of mechanical impurities in the oil on the parameter of the flow of failures of hydraulic equipment, were established.*

**Keywords:** Superior Highwall Miners (SHM), hydraulic equipment failures, the kinematic viscosity of the hydraulic fluid

**Article info:** received October 01, 2019

DOI: 10.26730/1816-4528-2019-3-21-25

### REFERENCES

1. Shen Baotang. Highwall Mining Stability – Taishan Academic Forum – Project on Mine Disaster Prevention and Control. – October, 17-20 Qingdao,

China. – Atlantis Press. Amsterdam, Paris, Beijing. 2014. P. 184-189.

2. Sasaoka T. Application of highwall mining system in weak geological condition / Takashi Sasaoka, Tri Karian, Akihiro Hamanaka, Hideki Shimada, Kikuo Matsui // International Journal of Coal Science & Technology. – 2016. – Т. 3. – № 3. – С. 311-321.

3. Poderni R.Yu. Mekhanicheskoe oborudovanie kar'erov. – М.: izd-vo «Majning media grupp», 2013. – 594 s.

4. Kvaginidze V.S., Petrov V.F., Zaripova S.N. Prognozirovaniye bezopasnogo funkcionirovaniya ekskavatorno-avtomobil'nyh kompleksov gornodobyvayushchih predpriyatij Severa – М.: izd-vo MGGU, 2007. – 270 s.

5. Rusihin V.I., Kravchenko V.M. Remontnaya tekhnologichnost' kar'ernyh mekhanicheskih lopat. – М.: izd-vo MGGU, 2002. – 232 s.

6. Kvaginidze V.S., Petrov V.F., Koreckij V.B. Ekspluatatsiya kar'ernogo oborudovaniya. – М.: izd-vo MGGU, 2009. – 586 s.

7. Kvaginidze V.S., Petrov V.F., Chupejkina N.N. Vosstanovlenie metallokonstrukcij gorno-transportnogo oborudovaniya. – М.: izd-vo MGGU, 2007. – 457 s.

8. Metallokonstrukcii gornyh mashin. Konstruktsiya, ekspluatatsiya raschet./ V.S. Kvaginidze, G.I. Kozovoj, V.F. Petrov [i dr.]. – М.: izd-vo «Gornaya kniga», 2011. – 392 s.

9. Pavlov A.I., Tarbeev A.A., Vdovin S.L. Nadezhnost', diagnostika i zashchita gid-roprivodov transportno-tekhnologicheskikh mashin. – Joshkar-Ola: izd. PGTU, 2017. – 376 s.

10. Nadezhnost' mashin i mekhanizmov./V.A. CHERkasov, B.A. Kajtukov, P.D. Kapyrin [i dr.]. – М.: izd. MGSU, 2015. – 271 s.

11. Syricyn T.A. Ekspluatatsiya i nadezhnost' gidro- i pnevmoprivodov. – М.: – Mashinostroenie, 1990. – 248 s.

#### **Библиографическое описание статьи**

Копытин Д.В., Герике Б.Л., Ананьев К.А., Ермаков А.Н. Влияние окружающей среды на параметр потока отказов гидравлического оборудования комплексов глубокой разработки пласта // Горное оборудование и электромеханика – 2019. – № 4 (144). – С. 21-25.

#### **Reference to article**

Kopytin D.V., Gerike B.L., Ananiev K.A., Ermakov A.N. Environmental influence on the flow parameter of hydraulic equipment failure of superior highwall miner systems. Mining Equipment and Electromechanics, 2019, no. 4 (144), pp. 21-25.