

9. Sposob otdeleniya kryshki nizhnej golovki shatuna izlomom [The method of separating the cover of the bottom head of a rod break]. Available at: www.findpatent.ru/patent/210/2100187.html

10. Evstifeev V. V., Dobrynin A. I., Zav'jalov I.I., Aleksandrov A. A. Sposob izgotovleniya sharovogo pal'ca [A method of manufacturing a spherical finger]. Pat. RU no 2010129620/02.

11. Evstifeev V.V., Evstifeev A.V., Zav'jalov I.I., Aleksandrov A.A. Sposob izgotovleniya sharovogo pal'ca [A method of manufacturing a spherical finger]. Pat. RU no 2013130422/022545873.

12. Michelin zapuskaet bezvozdushnye shiny v seriju [Michelin launches airless tire in the series]. Available at: www.popmech.ru/vehicles/51425-mechelin-zapuskaet-bezvozdushnye-shine

13. Evstifeev V. V., Kokoulin V. P., Lobas V. N. Izotermicheskaja shtam-povka korpusnyh detalej iz aljuminievogo splava AK8 [Isothermal stamping of body parts from aluminum alloy AK8]. Kuznechno-shtampovnochnoe proizvodstvo, no 9, 1990. pp. 6-7.

14. Lipchin T. N. Poluchenie zagotovok porsh-nej lit'em s kristallizaciej pod davleniem [Getting piston billet casting with crystallization under pressure]. Perm': Izd-vo TGU. Perm. otd-nie, 1991. 136 p.

15. Nirezist v - ZAO "UZCM [Niresist in - JSC «UZTSM»]. Available at: www.uzcm.ru/spravka/metal/cugun/23php/.

16. Keramicheskie kompozicionnye tormoznye diski. Avtoportal Avtozavody [Ceramic composite brake discs]. Available at: <http://avtovody.ru/articles/36-keramicheskie-kompozicionnye-tormoznye-diski.html>.

17. Olejnik I. O., Evstifeev V. V., Golo-shhapov G. A., Gudrin V. I. Issledovanie rabotosposobnosti kompo-zicionnyh podshipnikov skol'zhenija na osnove medi [Research performance composite plain

bearings based on copper]. Vestnik SibADI, 2014, no 4 (38). pp. 29 – 33.

18. Evstifeev V.V., Akimov V.V., Gurdin V.I., Goloshchapov G.A., Olejnik I.O. Antifrikcionnyj material na osnove medi [The anti-friction material based on copper]. Pat. RU no 2014154344/02.

Сыстеров Юрий Павлович (Россия, г. Омск) – магистрант кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «СибАДИ», (644080 Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: omsk-aaa@rambler.ru).

Евстифеев Владислав Викторович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «СибАДИ», (644080 Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

Евстифеев Александр Владиславович (Россия, г. Омск) – инженер, ОмПО ИРТЫШ (644060, ул. Гуртьева. 18, e-mail: a_evstifeev@mail.ru).

Systerov Yuri Pavlovich (Russian Federation, Omsk) – graduate student The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080 Omsk, Mira 5, e-mail: omsk-aaa@rambler.ru).

Evstifeev Vladislav Viktorovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of "Cars, construction materials and technologies" The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080 Omsk, Mira 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

Evstifeev Alexander Vladislavovich (Russian Federation, Omsk) – engineer, OmPA IRTYSH (644060, st Gurtiev, 18, e-mail: a_evstifeev@mail.ru).

УДК 621.926

ОБОСНОВАНИЕ РЕСУРСА СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДРОБИЛЬНО-РАЗМОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Я.В. Ярмович

ФГБОУ ВО «СибАДИ», Омск, Россия.

Аннотация. Рассматривается проблема сокращения затрат при эксплуатации дробильно-размольного оборудования (ДРО), связанная с большим расходом масел, так как объем систем смазки ДРО может составлять до 60 м³. В результате исследования установлено, что замена смазочного материала по фактическому состоянию позволит сократить затраты при эксплуатации ДРО. Выявлена необходимость математического обоснования периодичности замены смазочного материала. Автором предложен расчет периодичности обслуживания системы смазки ДРО. Благодаря этому можно определить необходимую наработку до воздействия на смазочный материал.

Ключевые слова: дробильно-размольное оборудование, система смазки, смазочный материал, долговечность, ресурс оборудования.

Введение

При эксплуатации дробильно-размольного оборудования (ДРО)

наблюдается весьма большой расход промышленных масел из-за необходимости их замены. У данного вида оборудования

встречаются системы смазки емкостью до 60 м³ [1]. Смазочные системы ДРО обеспечивают работоспособность подшипников скольжения типа баббит-сталь, которые применяются в эксцентриках конусных дробилок и опорах барабанных мельниц. Эти подшипники являются несущими, на них приходится воздействие от веса оборудования и обрабатываемого сырья, а также реакции от динамического воздействия на обрабатываемый материал. Ресурс этих узлов редко превышает 4000 ч [2]. В результате ежегодно проводятся ремонтные работы с длительной остановкой

оборудования, что отражается на объеме и стоимости выпускаемой продукции.

Обоснование долговечности смазочного материала в системе смазки ДРО

Для определения причин потери работоспособности смазочного материала в ДРО было проанализировано больше 200 проб масел из систем смазки конусных дробилок КРД 900/100 и КСД 2200, мельницы МШР 3,2/2,8, которые эксплуатируются на предприятиях ПАО «ГМК «Норильский никель», АО «Алмалыкский ГМК» и ТОО Жезказганцветмет. Результаты представлены в виде гистограмм (рис. 1 – 5).

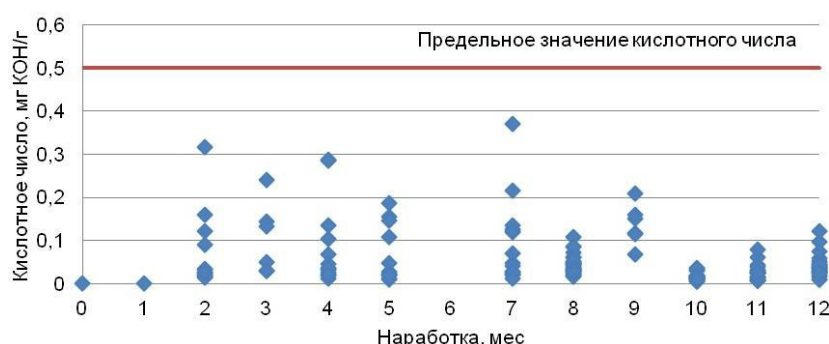


Рис. 1. Изменение кислотного числа смазочного материала за год эксплуатации ДРО

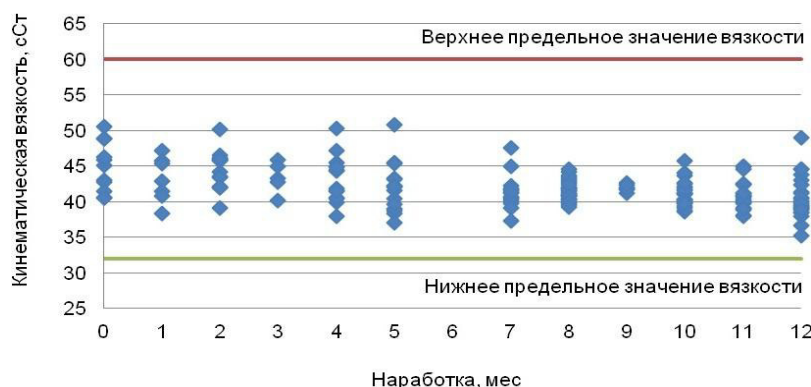


Рис. 2. Изменение вязкости смазочного материала за год эксплуатации ДРО

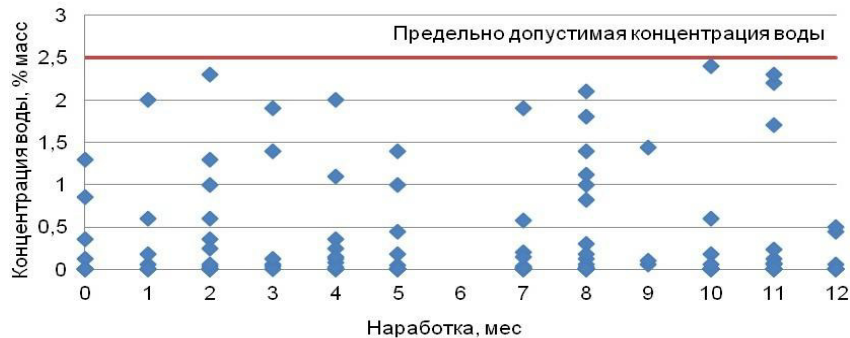


Рис. 3. Изменение концентрации воды в смазочном материале за год эксплуатации ДРО

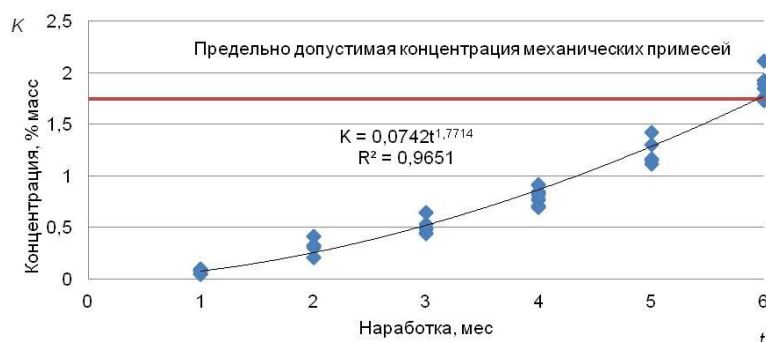


Рис. 4 Процесс накопления механических примесей в смазочном материале за 6 месяцев

Исследования показали, что ни показатель кислотного числа, ни вязкости, ни содержания воды, не достигают предельно допустимых значений в течении года эксплуатации различных видов ДРО, а основной причиной потери работоспособного состояния смазочного материала ДРО является насыщение его механическими примесями и водой, которые влияют на

изменение его кислотного числа и вязкости. Интенсивное насыщение смазочного материала механическими примесями и водой происходит из-за негерметичности систем смазки. Количественное значение предельной концентрации механических примесей для системы смазки ДРО было определено в [3].

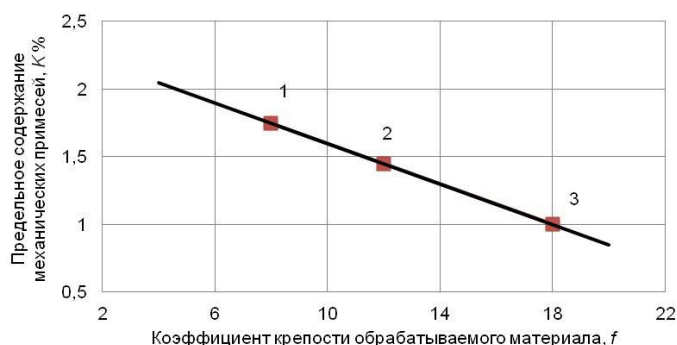


Рис. 5. Зависимость содержания механических примесей от крепости обрабатываемого материала по шкале М.М. Протоdjяконова: 1 – ГМК «Норильский никель» – 1,75% ($f = 8$); 2 – Жезказганцветмет – 1,45% ($f = 12$); 3 – Алмалыкское ГМК – 1% ($f = 18$)

В результате проведенных исследований [3] была получена зависимость предельной концентрации механических примесей от коэффициента крепости обрабатываемого материала по шкале профессора М.М. Протоdjяконова. Что позволило получить зависимость определения предельной концентрации механических примесей:

$$K_{\Pi} = -0,075 f + 2,35, \quad (1)$$

где K_{Π} – предельная концентрация механических примесей, %; f – коэффициент крепости обрабатываемого материала по шкале профессора М.М. Протоdjяконова.

Для обеспечения работоспособного состояния системы смазки ДРО необходимо обеспечить содержание механических примесей на заданном уровне, что в свою очередь можно осуществить заменой или

очисткой смазочного материала. При этом периодичность замены смазочного материала должна быть обоснована, чтобы не допустить чрезмерных расходов на обслуживание и затрат от простоя оборудования в ремонте [4].

За основу методики расчета периодичности замены смазочного материала системы смазки ДРО взята модель обоснования долговечности технических систем и машин профессора А.М. Шейнина [5]. В ее основе лежит целевая функция минимизации затрат на проведение технического обслуживания:

$$C(T) = \frac{v_{\Pi}(T)}{M} \frac{C_{ам.о} + C_P + C_{К.П.}}{T} + \sum_i \frac{C_{обс}}{T_{обс}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $v_{\Pi}(T)$ – число ремонтных циклов за срок службы машины до списания; M – коэффициент определяющий

продолжительность амортизационных отчислений; $C_{ам.о}$ – средняя величина амортизационных отчислений за один ремонтный цикл машины; C_p – затраты на устранение отказов и неисправностей машины в процессе ремонтов за один ремонтный цикл; $C_{к.п.}$ – затраты на компенсацию потерь вследствие снижения производительности и увеличения расхода смазочных материалов при изнашивании деталей машины в течение одного ремонтного цикла; T – ресурс до первого капитального ремонта; $C_{обі}$ – затраты на техническое обслуживание i машин; $T_{обі}$ – периодичность технического обслуживания.

При разработке данной модели были приняты следующие допущения: затраты на устранение отказов и неисправностей не зависят от наработки на отказ и от значения износа; затраты на техническое обслуживание не зависят от периодичности его выполнения; техническое обслуживание проводится регулярно с периодичностью $T_{об}$ и полностью восстанавливает благоприятные условия изнашивания сопряжений.

Решение целевой функции (1) позволяет выявить оптимальные значения ресурса T , периодичности обслуживания и предельного износа I_n с учетом их взаимосвязи. Исходными для решения целевой функции являются закономерности $I = \varphi(T_{об})$; $C_{к.п.} = \varphi(I)$; $K_{ти} = \varphi(T)$, где $K_{ти}$ – коэффициент технического использования.

Преобразования, проведенные профессором В.А. Зориным [6], позволяют получить из целевой функции (1) формулы расчета оптимальных значений показателей долговечности, которые лежат в основе модели для определения оптимальных значений показателей долговечности конструктивно несложных сопряжений и сборочных единиц, причиной отказа которых является предельный износ. Модель служит для оптимизации ресурса и периодичности технического обслуживания. Величину предельного износа определяют по критерию невозможности дальнейшей эксплуатации объекта. При расчете она является заданной и не оптимизируется.

Целевая функция для этой модели имеет вид

$$C(T) = \frac{v_{II}(T)}{M} \frac{C_{ам.о} + cI_{II}^{\beta}}{I_{II}} b T_{об}^{\alpha-1} + \frac{C_{обі}}{T_{об}} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где I_{II} – предельный износ; c – коэффициент, зависящий от режима работы и

условий эксплуатации машины; β – показатель, обусловленный конструкцией и функциональным назначением сопряжения; α и b – эмпирические коэффициенты, являющиеся параметрами закономерности изнашивания в процессе эксплуатации.

Периодичность обслуживания

$$T_{об} = \left(\frac{I_{II}}{bN_{об}} \right)^{1/\alpha}. \quad (4)$$

Ресурс

$$T = N_{об} T_{об}, \quad (5)$$

где $N_{об}$ – число обслуживаний.

Заключение

На основе анализа изменения состава смазочного материала в ДРО, установлено качественное совпадение кривых изнашивания пар трения и накопления механических примесей. Поэтому предполагается оценивать состояние системы смазки ДРО и процесса его изнашивания по показателю предельной концентрации механических примесей K_{II} .

$$T_{онм} = \left(\frac{K_{II}}{bN_{об}} \right)^{1/\alpha}. \quad (6)$$

При определении периодичности замены смазочного материала для системы смазки ДРО число обслуживаний принимается равным 1. Значения коэффициентов α и b определены в результате контрольной эксплуатации и представлены на рисунке 4. В таблице 1 представлены результаты расчетов периодичности замены смазочного материала для системы смазки ДРО для различных горно-металлургических предприятий. Выбор данных предприятий обусловлен различной крепостью обрабатываемых материалов [7].

В соответствии с положением о планово-предупредительных ремонтах оборудования [8], замену смазочного материала необходимо производить каждые 1620 часов, что соответствует трем месяцам эксплуатации оборудования. Установлено, что можно продлить время эксплуатации смазочного материала в ДРО.

Таблица 1 – Периодичность замены смазочного материала в ДРО

Предприятие	K_{II} %	Наработка, мес
ГМК «Норильский никель»	1,75	5,96
Жезказганцветмет	1,45	5,36
Алмалыкское ГМК	1	4,35

Получены значения фактической наработки системы смазки ДРО до проведения технического обслуживания, во время которого смазочный материал должен быть очищен от механических примесей или заменен. Для обеспечения герметичности системы смазки рекомендуется замена сальников, прокладок и очистка днища и стенок бака системы смазки от механических примесей.

Библиографический список

1. Корнеев, С.В. Рекомендации по применению смазочных материалов, оборудования и рациональному использованию смазочных материалов на предприятиях цветной металлургии / С. В. Корнеев, Л.И. Данилов, Ф.И. Свечникова и др.; под ред. В.Б. Лагунова. – М.: Металлургия, 1988. – 192 с.
2. Иванов, В.Ф. Дробильно-сортировочное оборудование / В.Ф. Иванов. – Красноярск: Красноярский политехнический ин-т, 1966. – Ч. 1: Оборудование для дробления каменных материалов. – 1966. – 135 с.
3. Ярмович, Я.В. О предельном состоянии масел для дробильно-размольного оборудования / С.В. Корнеев, Я.В. Ярмович // Тяжелое машиностроение. – 2005. – № 5. – С. 40-41.
4. Корнеев, С.В. Оценка возможностей повторного использования отработанных масел в горно-обогатительных комбинатах АК «Алроса» (ОАО) / Н.Е. Кулинич, Г.А. Мартынова, С.В. Корнеев // Экология и промышленность России. – 2013. – № 4. – С. 46-51.
5. Шейнин, А.М. Эксплуатация дорожных машин: учебник для вузов по спец. «Строит. и дор. машины и оборудование» / А.М. Шейнин, А.П. Крившин, Б.И. Филиппов и др. – М.: Машиностроение, 1980. – 334 с.
6. Зорин, В.А. Основы работоспособности технических систем: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. А. Зорин. – М.: Академия, 2009. – 208 с.
7. Ярмович, Я.В. О возможности увеличения ресурса смазочного материала в системах смазки дробильно-размольного оборудования [Электронный ресурс] / Я.В. Ярмович, В.Н. Кузнецова // Архитектура, строительство, транспорт: материалы Международной научно-практической конференции (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»), 2-3 декабря 2015 г. / СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2015. – С. 728-732 – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
8. Положение о планово-предупредительных ремонтах оборудования и транспортных средств на предприятиях Министерства цветной металлургии СССР. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 176 с.

MEAN LIFE OF THE OIL IN THE CRUSHING AND MILLING EQUIPMENT

Y.V. Yarmovich

Abstract. The problem of reducing costs in the operation of crushing and milling equipment associated with high consumption of oil, as the volume of equipment lubrication systems can be up to 60 m³. The study found that the replacement of the lubricant on the actual condition will reduce the operation cost equipment. The necessity of mathematical justification replacement intervals of the lubricant. The author suggests a payment service interval

equipment system lubricant. This makes it possible to determine the necessary time between exposure to the lubricant.

Keywords: crushing and milling equipment, lubrication system, lubricant, oil, mean life, operational life of the equipment.

References

1. Korneev S.V., Danilov L.I., Svechnikova F.I., Kadantsev A.V., Nozhnenko A.V. *Rekomendacii po primeneniju smazochnykh materialov, oborudovaniya i racional'nomu ispol'zovaniju smazochnykh materialov na predpriyatiyah cvetnoj metallurgii*. [Advice on applications of materials, equipment and rational use of lubricants in non-ferrous metallurgy]. Moscow, Metallurgy, 1988. 192 p. (In Russian)
2. Ivanov V.F. *Drobil'no-sortirovochnoe oborudovanie*. [Crushing and milling equipment]. Krasnoyarsk, 1966. 135 p. (In Russian)
3. Yarmovich Y.V., Korneev S.V. *O predel'nom sostojanii masel dlja drobil'no-razmol'nogo oborudovaniya*. [The limit state oil for crushing and milling equipment]. *Heavy Engineering*, 2005, no 5, pp. 40-41. (In Russian)
4. Korneev S.V., Kulnich N.E., Martynov G.A. *Ocenka vozmozhnostej povtornogo ispol'zovaniya otrabotannykh masel v gorno-obogatitel'nykh kombinatah AK «Alrosa»*. [Evaluation of the ability to reuse of waste oils in the mining enterprises "Alrosa"]. *Ecology and Industry of Russia*, 2013, no 4, pp. 46-51. (In Russian)
5. Scheinin A.M., Krivshin A.P., Filippov B.I. *Jekspluatatsiya dorozhnykh mashin*. [Operation of road cars]. Moscow, Mechanical engineering, 1980. 334 p.
6. Zorin V.A. *Osnovy rabotosposobnosti tehnikeskikh system*. [Fundamentals of efficiency of technical systems]. Moscow, Academy, 2009. 208 p.
7. Yarmovich Y.V., Kuznetsova V.N. *O vozmozhnosti uvelicheniya resursa smazochnogo materiala v sistemah smazki drobil'no-razmol'nogo oborudovaniya*. [On the possibility of increasing the life of the lubricant in the lubrication systems of crushing and grinding equipment]. *Architecture, Construction, Transportation. Journal of Computer Mediated Communication: proceedings of the International scientific-practical conference (the 85th anniversary of the «SibADI»)*. Omsk, SibADI, 2015, pp.728-732.
8. *Polozhenie o planovo-predupreditel'nykh remontah oborudovaniya i transportnykh sredstv na predpriyatiyah Ministerstva cvetnoj metallurgii SSSR*. [Regulations on the preventative maintenance of equipment and vehicles at the enterprises of the Ministry of ferrous metallurgy of the USSR]. 2nd edition of redesigned and updated. Moscow, Nedra, 1984. 176 p.

Ярмович Ярослав Владимирович. (Россия, г. Омск) – аспирант ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мухоморова, 5, e-mail: nimlor87@gmail.com).

Yarmovich Yaroslav. Vladimirovich. (Russian Federation, Omsk) – graduate student of The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080 Omsk, Mira 5, e-mail: nimlor87@gmail.com).