

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКА В МАШИНОСТРОЕНИИ

DOI: 10.26730/1999-4125-2020-5-5-10

УДК 621.91.01

ОЦЕНКА ФАКТИЧЕСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕДУКТОРОВ МОТОР-КОЛЕСА АВТОСАМОСВАЛОВ БЕЛАЗ НА ОСНОВЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРОДИАГНОСТИКИ

ACTUAL TECHNICAL STATE ESTIMATION OF THE MOTOR-WHEEL GEARBOXES OF BELAZ DUMP TRUCKS BASED ON VIBRATION DIAGNOSTICS PARAMETERS

Кудреватых Андрей Валерьевич,

канд. техн. наук, e-mail: kav.ea@kuzstu.ru

Andrey V. Kudrevatykh, C. Sc. in Engineering

Ащеулов Андрей Сергеевич,

канд. техн. наук, e-mail: ascheulovas@kuzstu.ru

Andrey S. Ashcheulov, C. Sc. in Engineering

Кохманович Николай Вячеславович,

магистрант, e-mail: nikkoh67@gmail.com

Nikolay V. Kokhmanovich, undergraduate

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

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

Аннотация:

Важнейшими показателями горнодобывающего предприятия являются надежность и долговечность эксплуатируемой на нем техники. Именно эти показатели оборудования оказывают наибольшее влияние не только на производительность горнодобывающего комплекса, но также и на ценообразование добываемых полезных ископаемых, так как простой техники, а также затраты на ремонт и закупку запасных частей закладываются в себестоимость угля. Таким образом, главной целью при совершенствовании производства по добыче угля становится улучшение надежности и долговечности используемого парка техники. Проведенные исследования в угольной компании «Кузбассразрезуголь» показали, что наибольшее число простоев карьерной техники, в частности карьерных самосвалов, происходит из-за непредвиденного выхода из строя редуктора мотор-колеса. Внедрение дополнительной технологической операции по диагностированию фактического технического состояния редукторов в процедуру технического обслуживания позволит отслеживать состояние всего редуктора и его составляющих в частности безразборным методом. Данный метод заключается в постоянном или периодическом измерении вибраций работающих механизмов редуктора. На основе полученных замеров проводится анализ пригодности к работе агрегата и его отдельных частей. Применение данной методики на горнодобывающем предприятии позволит значительно уменьшить количество простоев парка, тем самым увеличив производительность.

Ключевые слова: БелАЗ, редуктор мотор-колеса, вибрация, диагностика, износ.

Abstract:

The most important indicator of a mining enterprise is reliability and durability of its equipment. These equipment parameters have the greatest impact not only on mining complex productivity, but also on the cost of extracted minerals as equipment downtime, as well as the cost of repairs and the spare parts purchase are included in the cost of coal. Thus, the main goal in improving coal mining production is to improve the reliability

and durability of the equipment. The study carried out at the coal company 'Kuzbassrazrezugol' showed that the greatest number of downtime for mining equipment, in particular for mining dump trucks, occurs due to unexpected failure of the wheel motor gearbox. The introduction of the additional technological operation for diagnosing the actual technical condition of gearboxes in the maintenance procedure will allow monitoring the condition of the entire gearbox and its components, in particular, by an in-place repair method. This method consists in continuous or periodic measurement of the vibrations of the operating gearbox mechanisms. Based on the measurements obtained, an analysis of the suitability of the unit and its individual parts is carried out. The usage of this technique at a mining enterprise will significantly reduce the number of downtime, thereby increasing productivity.

Key words: BelAZ, gear motor-wheel, vibration, diagnostics, wear.

На сегодняшний день открытый способ является самым низкокзатратным, высокопроизводительным и, самое важное, безопасным методом добычи полезных ископаемых. Конечно же, у открытого способа есть и свои так называемые минусы, самым большим из которых являются большие простои экскаваторов и карьерных самосвалов. Соответственно, если уменьшатся простои, то значительно увеличится производительность работы горнотранспортного оборудования и тогда это приведет к уменьшению себестоимости добычи [1, 2, 3].

Из-за весьма неэффективного показателя надежности карьерной техники увеличиваются затраты и расходы на ремонт и приобретение запасных частей, что порой превышает сумму стоимости самой техники в несколько раз.

На многих предприятиях угольной промышленности Кузбасса наблюдается увеличение объемов перевозок с помощью автомобильного транспорта. Большой количественный прирост можно наблюдать на данный момент в угольной компании «Кузбассразрезуголь» [4, 5, 6]. Высокий темп роста филиалов связан с тем, что данная угольная компания отдает наибольшее предпочтение увеличению надежности парков карьерной техники, снижению затрат на ее обслуживание. К примеру, на филиале «Талдинский угольный разрез» за последнее время количество автосамосвалов увеличилось на 30 единиц, что соответствует примерно 22% от общего автопарка. Это можно объяснить ростом объема перевозок.

Увеличение показателей надежности и

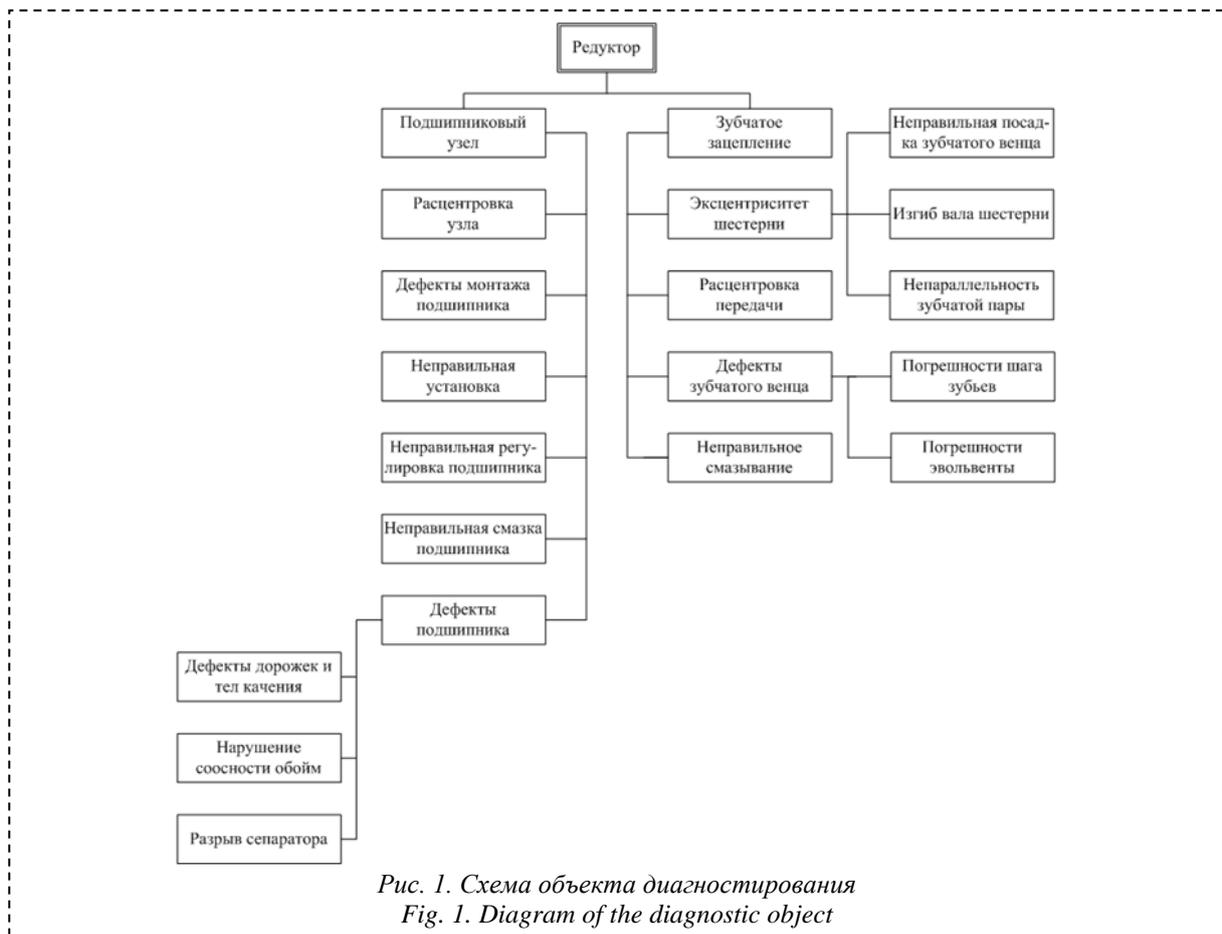


Рис. 1. Схема объекта диагностирования
 Fig. 1. Diagram of the diagnostic object

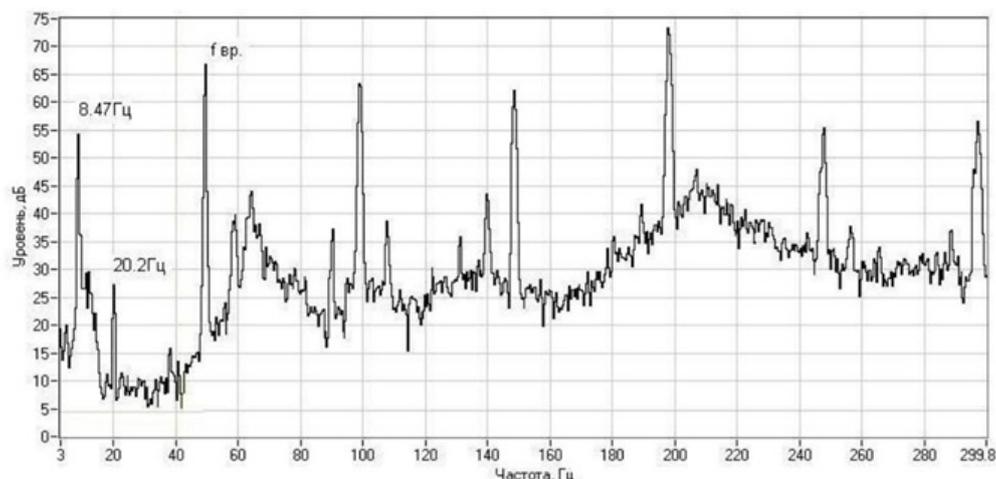


Рис. 2. Анализ прямого спектра сигнала
Fig. 2. The direct spectrum analysis of a signal

долговечности угледобывающих предприятий напрямую оказывает влияние на снижение количества непредвиденных простоев техники. [7, 8]

При исследовании количества отказов на филиале «Талдинский угольный разрез» наблюдается тенденция на значительное увеличение количества простоев карьерных самосвалов БелАЗ. При сравнении с прошлым годом количество простоев возросло в 2,3 раза, что, соответственно, привело к значительному снижению их производительности и увеличению потерь грузооборота [9, 10, 11, 12]. При анализе простоев выяснилось, что наибольшее их число возникает из-за выхода из строя редуктора мотор-колеса, что составило 9360 моточасов, а это 3,78% от всего времени простоя автопарка на филиале. Следовательно, чтобы сократить количество непредвиденных отказов карьерных самосвалов, необходимо разработать и внедрить дополнительную технологическую операцию по контролю за фактическим техническим состоянием редукторов мотор-колеса. [13, 14]

Методы вибродиагностики направлены на обнаружение и идентификацию неисправностей агрегатов горных машин и оборудования, влияющих на их вибрацию дефектов подшипников скольжения и подшипников качения, зубчатых передач, испытывающих или генерирующих динамические нагрузки.

Вибродиагностика решает следующие практические задачи обслуживания машин и оборудования:

- разделение множества возможных технических состояний агрегата на два подмножества: исправных и неисправных;
- постановка диагноза, состоящего в определении характера и локализации одного или группы дефектов, соответствующих вибрационному состоянию агрегата;

- возможное обнаружение дефекта на ранней стадии и прогнозирование его развития во времени.

В соответствии с ГОСТ 20911-89 выделяется несколько показателей качества технического диагностирования – это продолжительность, достоверность, полнота контроля состояния и глубина поиска места отказа. Техническое состояние редуктора, как и любого механизма в целом, определяется состоянием отдельных его частей, таким образом, для достоверного выявления работоспособности редуктора в первую очередь потребуется выбрать параметры диагностирования (узлы редуктора и их типовые дефекты). Рассмотрим схему объекта диагностирования (рис.1), на которой отображены основные параметры диагностирования. [15]

Один из методов вибродиагностики редукторов, который полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ 20911-89 и позволяет определять как глубину, так и тип дефекта в редукторе, является анализ прямого спектра сигнала (рис. 2).

Вибродиагностика редукторов методом прямого спектра базируется на определении периодичности появления скачков вибрации. Весь частотный диапазон разбивается на множество узкополосных спектров, которые впоследствии анализируются специализированным прибором. Каждый дефект редуктора (зубчатой пары, подшипников или вала) проявляется на определенной частоте, таким образом, зная частоту, на которой происходят всплески вибрации, можно определить причину, вызвавшую их.

Метод прямого спектра дает возможность получить информацию о состоянии каждого кинематического узла редуктора в отдельности. Глубину дефекта определяют по амплитуде всплеска. [5]

Другой способ определения дефектов

редуктора (в большей степени определения дефектов его подшипников) является анализ огибающей спектра.

Efector Octavis от ifm – это современная стационарная система вибродиагностики подшипников, способная определять вибрации методами прямого спектра и огибающей спектра. Система включает контроллер серии VSE и датчики вибрации серий VSA и VSP. В контроллере по заложенным в него алгоритмам происходит обработка сигналов от датчиков, установленных в работающем механизме.

Система способна диагностировать большое количество различных дефектов, таких как:

- Бой ведущего и (или) ведомого вала;
- Перекос ведущей/ведомой шестерни;
- Дефект зубьев ведущей и (или) ведомой шестерни;
- Дефекты зацепления или смазки в зацеплении;

- Дефекты в конструкции подшипников;
- Избыток или недостаток смазки подшипников.

Важными аспектами эксплуатации карьерной техники и автосамосвалов в частности являются надежность и долговечность. При их увеличении уменьшаются внеплановые простои карьерной техники. Если внедрить в перечень технического обслуживания такую технологическую операцию, как безразборный метод диагностики, это позволит значительно уменьшить потери в объеме добываемой горной массы и уменьшить себестоимость самого угля, что положительно отразится в экономическом росте самого предприятия. Проведя исследования на основе параметров вибродиагностики, можно определить, какая именно из составляющих редуктора может привести к его непредвиденному отказу в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бредихин, А. А. Современные технологии эксплуатации и обслуживания карьерного автотранспорта / А. А. Бредихин, Д. А. Нигматуллин // Горный журнал, 2007. – № 5. С. 40-43.
2. Герице, Б. Л. Мониторинг и диагностика технического состояния машинных агрегатов: Учеб. пособие. – В 2-х ч. Ч. 1: Мониторинг технического состояния по параметрам вибрационных процессов / Кузб. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 1999 – 188с.
3. Гордиенко, Б. В. Повышение эффективности эксплуатации технологического автотранспорта на угольных разрезах / Б. В. Гордиенко, И. И. Полтавский, Г. П. Останин. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2001. – 166с.
4. Кудреватых А. В. Безразборное определение фактического технического состояния редукторов горнодобывающего оборудования / А.В. Кудреватых, А.С. Ащеулов, А.С. Ащеулова // Современные вопросы естествознания и экономики: Сборник трудов Международной научно-практической конференции. – Прокопьевск: [электронное издание] изд-во филиала КузГТУ в г. Прокопьевске, 2019. – 276 с. – с. 105.
5. Кудреватых А. В., Ащеулов А. С. Метод определения фактического технического состояния поворотного редуктора карьерных экскаваторов / А. В. Кудреватых, А. С. Ащеулов, А. С. Ащеулова // Вестник Кузбасского Государственного Технического Университета. – 2019. - № 3. – С. 24-29.
6. Соколов, А. И. Оценка работоспособности машин по параметрам работающего масла. Учеб. пособие / А. И. Соколов, Н. Т. Тищенко, В. А. Аметов. – Томск: Изд-во Томского университета, 1991. – 200с.
7. Фурман, А. С. О нормировании расхода топлива на карьерном транспорте / А. С. Фурман, Д. В. Стенин, В. Е. Ашихмин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2006. - № 1 (52). С. 125-127.
8. Хорешок, А. А. Определение оптимального соотношения сопряженных параметров карьерных экскаваторно-автомобильных комплексов / А. А. Хорешок, Д. В. Стенин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2007. - № 5 (63). С. 3-4.
9. Efremenkov A. V. Coal mining machinery development as an ecological factor of progressive technologies implementation / A. V. Efremenkov, A. A. Khoreshok, S. A. Zhironkin, A. V. Myaskov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2017. – С. 012009.

10. Kudrevatykh A. V. Actual technical condition assessment of mine excavators' slewing gear based on the operating oil parameters / A. V. Kudrevatykh, A. S. Ashcheulov and A. S. Ashcheulova // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 537 (2019). 032033.
11. Kudrevatykh Andrei. Actual Technical Condition Assessment of A Motor-Wheel Gear of A Dump Truck Belaz Based on the Operating Oil Parameters / Andrei Kudrevatykh, Andrei Ashcheulov, Alena Ashcheulova, Olesia Karnadud, and Ludger Rattmann // E3S Web of Conferences 105, 03021 (2019) IVth International Innovative Mining Symposium.
12. Stenin, D. V. Evaluation of the open pit vehicles loading influence on the reliability of motor – wheel reducers / D. V. Stenin, N. A. Stenina, A. A. Bakanov // Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety, 2016.- C. 256-260.
13. Stenin D. V. Dependence of reliability and resource of the elements of the design of quarry automatics with the degrees of their downloads / D. Stenin, N. Stenina // E3S Web of Conferences, 2017.
14. Stenin D. V. Influence of service conditions of quarry dump trucks on the thermal state large-size tires / D. V. Stenin, A. G. Kulpin, Evgeniy E. Kultayev, E.E. Kulpina, Valeriy A. Borovtsov // Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety, 2016.- C. 116-119.
15. Dadonov M., Kulpin A., Ostanin O., Suleimenov E. Distribution of static normal reactions to wheels of open-pit dump trucks depending on the longitudinal and cross sections of the open-pit road // E3S Web of Conferences. International Innovative Mining Symposium. 2019, Vol. 105, 03009.

REFERENCES

1. Bredikhin, A. A. Modern technologies of operation and maintenance of open-pit vehicles / A. A. Bredikhin, D. A. Nigmatullin // Mining Journal, 2007. – No. 5. P. 40-43.
2. Guericke, B. L. Monitoring and diagnostics of the technical state of machine units: Textbook. Part 1: Monitoring the technical condition of the parameters of vibration processes / KuzSTU. – Kemerovo, 1999 – 188p.
3. Gordienko, B. V. Improving the efficiency of operation of technological vehicles at coal mines / B. V. Gordienko, I. I. Poltavsky, G. P. Ostanin. - Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2001. – 166p.
4. Kudrevatykh A. V. In-place repair determination of mining equipment gearboxes / A. V. Kudrevatykh, A. S. Ashcheulov, A.S. Ashcheulova // Modern issues of natural science and economics: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. - Prokopyevsk: [electronic edition] publishing house of the KuzSTU branch in Prokopyevsk, 2019. - 276 p. - from. 105.
5. Kudrevatykh A. V., Asheulov A. S. Method for determining the actual technical condition of the revolving gear of open pit excavators / A. V. Kudrevatykh, A. S. Ashcheulov, A. S. Ashcheulova // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. - 2019. - No. 3. - P. 24 - 29.
6. Sokolov, A. I. Evaluation of machine performance by parameters of operating oil. Textbook. / A. I. Sokolov, N. T. Tishchenko, V. A. Ametov. - Tomsk: Publishing house of Tomsk University, 1991. - 200p.
7. Furman, A. S. On the regulation of fuel consumption in quarry transport / A.S. Furman, D. V. Stenin, V. E. Ashikhmin // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2006. - No. 1 (52). P. 125-127.
8. Khoreshok, A. A. Determination of the optimal ratio of the conjugated parameters of the quarry excavator-automobile complexes / A. A. Khoreshok, D. V. Stenin // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2007. - No. 5 (63). P. 3-4.
9. Efremenkov A. B. Coal mining machinery development as an ecological factor of progressive technologies implementation / A. B. Efremenkov, A. A. Khoreshok, S. A. Zhironkin, A. V. Myaskov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2017. – C. 012009.
10. Kudrevatykh A. V. Actual technical condition assessment of mine excavators' slewing gear based on the operating oil parameters / A. V. Kudrevatykh, A. S. Ashcheulov and A. S. Ashcheulova // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 537 (2019). 032033
11. Kudrevatykh Andrei. Actual Technical Condition Assessment of A Motor-Wheel Gear of A Dump Truck Belaz Based on the Operating Oil Parameters / Andrei Kudrevatykh, Andrei Ashcheulov, Alena Ashcheulova, Olesia Karnadud, and Ludger Rattmann // E3S Web of Conferences 105, 03021 (2019) IVth International Innovative Mining Symposium.
12. Stenin, D. V. Evaluation of the open pit vehicles loading influence on the reliability of motor – wheel

reducers / D. V. Stenin, N. A. Stenina, A. A. Bakanov // Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety, 2016.- С. 256-260.

13.Stenin D. V. Dependence of reliability and resource of the elements of the design of quarry automatics with the degrees of their downloads / D. Stenin, N. Stenina // E3S Web of Conferences, 2017.

14.Stenin D. V. Influence of service conditions of quarry dump trucks on the thermal state large-size tires / D. V. Stenin, A. G. Kulpin, Evgeniy E. Kultayev, E. E. Kulpina, Valeriy A. Borovtsov // Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety, 2016.- С. 116-119.

15.Dadonov M., Kulpin A., Ostanin O., Suleimenov E. Distribution of static normal reactions to wheels of open-pit dump trucks depending on the longitudinal and cross sections of the open-pit road // E3S Web of Conferences. International Innovative Mining Symposium. 2019, Vol. 105, 03009.

Поступило в редакцию 24.11.2020

Received 24 November 2020