

УДК 621.821: 621.316

Комплексный подход к оценке состояния подшипников качения физическими методами

О.В. Холодилов

Белорусский государственный университет транспорта,
ул. Кирова, 34, г. Гомель 246653, Беларусь.

Поступила в редакцию 26.02.2021.

После доработки 22.06.2021.

Принята к публикации 22.06.2021.

Дано обоснование использования физических методов, резистивного и акустической эмиссии, для оценки состояния подшипниковых узлов. Разработаны технические средства и методики контроля состояния подшипников качения. Установлены закономерности и критерии, по которым можно осуществлять входной контроль подшипников и оценивать качество их изготовления. Установлена корреляция между параметрами электрической проводимости и акустической эмиссии при проведении входного контроля подшипников качения. Показано, что резистивный метод является более чувствительным по сравнению с методом акустической эмиссии при диагностике подшипников качения по состоянию смазочного материала. Отмечено, что для подшипников без дефектов и с дефектами температура, регистрируемая в условиях эксперимента, практически не изменялась и составляла ≈ 20 °С. Это говорит о неэффективности использования данного параметра при осуществлении входного контроля подшипников качения. Диагностика подшипников на разработанном стенде с использованием описанного комплекса физических методов позволяет исключить использование некачественных или изношенных подшипников, и, следовательно, значительно снизить количество отказов оборудования в процессе эксплуатации и связанные с этим затраты.

Ключевые слова: входной контроль, поверхность, подшипники качения, смазочный материал, контактное сопротивление, акустическая эмиссия, смазывание.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-3-358-369

Адрес для переписки:

О.В. Холодилов
Белорусский государственный университет транспорта,
ул. Кирова, 34, г. Гомель 246653, Беларусь
e-mail: olhol@tut.by

Для цитирования:

О.В. Холодилов.
Комплексный подход к оценке состояния подшипников качения физическими методами.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 3. — С. 358–369.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-3-358-369

Address for correspondence:

O.V. Kholodilov
Belarusian State University of Transport,
Kirov street, 34, Gomel 246653, Belarus
e-mail: olhol@tut.by

For citation:

O.V. Kholodilov.
[Comprehensive (Integrated) Approach to Assessment of the State of Rolling Bearings by Physical Methods].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 3, pp. 358–369 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-3-358-369

Comprehensive (an Integrated) Approach to Assessment of the State of Rolling Bearings by Physical Methods

O.V. Kholodilov

Belarusian State University of Transport,
Kirov street, 34, Gomel 246653, Republic of Belarus.

Received 26.02.2021.

Revised 22.06.2021.

Accepted 22.06.2021.

Abstract

The substantiation of the use of the resistive method and the method of acoustic emission for assessing the state of real bearing assemblies by the state of the interface is given. Devices, electrical circuit and methods for monitoring the state of rolling bearings have been developed. Specific values, criteria and regularities have been established, by which it is possible to carry out the input control of bearings and evaluate the quality of their manufacture. A correlation has been established between the parameters of electrical conductivity and acoustic emission during the incoming inspection of rolling bearings. It is shown that the resistive method is more sensitive than the acoustic emission method in diagnostics of rolling bearings by the state of the lubricant. It is noted that for bearings without defects and with defects, the temperature recorded in the experimental conditions practically did not change and was ≈ 20 °C. This indicates the inefficiency of using this parameter when performing the input control of rolling bearings. Diagnostics of bearings on the developed stand using the described set of physical methods allows you to eliminate the use of low-quality or worn bearings, and, consequently, significantly reduce the number of equipment failures during operation and the associated costs.

Keywords: incoming inspection, surface, rolling bearings, lubricant, contact resistance, acoustic emission, lubrication.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-3-358-359

Адрес для переписки:

О.В. Холодилов
Белорусский государственный университет транспорта,
ул. Кирова, 34, г. Гомель 246653, Беларусь
e-mail: olhol@tut.by

Для цитирования:

О.В. Холодилов.
Комплексный подход к оценке состояния подшипников качения
физическими методами.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 3. — С. 358–369.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-3-358-369

Address for correspondence:

O.V. Kholodilov
Belarusian State University of Transport,
Kirov street, 34, Gomel 246653, Belarus
e-mail: olhol@tut.by

For citation:

O.V. Kholodilov.
[Comprehensive (Integrated) Approach to Assessment of the State of
Rolling Bearings by Physical Methods].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 3, pp. 358–369 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-3-358-369

Список использованных источников

1. Обзор вибрационных методов и технических средств, предназначенных для диагностики подшипников качения [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.vibrocenter.ru/vibro01.htm/> — Дата доступа: 25.11.2013
2. Барков А.В. Диагностирование и прогнозирование состояния подшипников качения по сигналу вибрации // Судостроение. — 1985, № 3, 21—23
3. Барков А.В., Баркова Н.А., Азовцев А.Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. — СПб.: Изд. центр СПбГМТУ. — 2000
4. Барков А.В., Баркова Н.А. Вибрационная диагностика машин и оборудования. Анализ вибрации. — СПб: Изд. центр СПбГМТУ. — 2004
5. Баркова Н.А. Современное состояние виброакустической диагностики машин [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.vibrotek.ru/russian/biblioteka/book23/> — Дата доступа: 25.11.2013
6. Маркова Л.В., Мышкин Н.К. Трибодиагностика машин. — Минск: Бел. Наука. — 2005
7. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 2 т. — М.: Машиностроение. — 2001 (2)
8. Галахов М.А., Бурмистров А.Н. Расчёт подшипниковых узлов. — М.: Машиностроение. — 1988
9. Перель Л.Я. Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опор: справочник. — М.: Машиностроение. — 1983
10. Pollock A. Acoustic Emission Control // Metals (Metals Handbook). — ASM International. — 1989 (17), 278—294
11. Свириденко А.И. [и др.]. Акустические и электрические методы в триботехнике / под ред. В.А. Белого. — Минск: Наука и техника. — 1987
12. Баранов В.М. [и др.]. Акустическая эмиссия при трении. — М.: Энергоатомиздат. — 1998
13. Подмастерьев К.В. Электропараметрические методы комплексного диагностирования опор качения. — М.: Машиностроение. — 2001
14. Кончиц В.В., Кирпиченко Ю.Е., Короткевич С.В. Температурные испытания граничных слоев с использованием метода контактного электросопротивления // Трение и износ. — 1996 (17), № 4, 513—526
15. Холодилов О.В. [и др.]. Анализ противозадирных свойств моторных масел // Трение и смазка в машинах и механизмах. — 2006, № 12, 6—15
16. Окисление металлов / Под ред. Ж. Бенара: пер. с франц. — М.: Металлургия. — 1969(2)

17. Устройство для комплексной диагностики подшипника качения (варианты) и способ комплексной диагностики подшипника качения: пат. на изобретение № 23202 ВУ, МПК7 G 01M 13/04 — № а20170260 ВУ, заявл. 10.07.2017, зарегистр. в Гос. реестре изобр. 30.09.2020 / Национ. центр интел. собств. / А.Я. Григорьев, О.В. Холодилов, Д.М. Гуцев, В.Г. Кудрицкий, С.В. Короткевич, В.В. Кравченко
18. Способ диагностики подшипника качения: пат. на изобретение № 20175, ВУ, МПК7 G01M13/04 — а20131195, заявл. 15.10.2013, зарегистр. в Гос. реестре изобр. 10.03.2016 / Национ. центр интел. собств. / О.В. Холодилов, С.В. Короткевич, В.В. Кравченко, А.В. Янчилик
19. Короткевич С.В., Пинчук В.Г., Бобович С.О. Износостойкость металлов при граничном трении. — Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины. — 2011
20. Белоногий Д.Ю., Буткевич А.В. Моделирование канала регистрации акустической эмиссии // Тез. докл. II Республ. науч.-техн. конф. молодых ученых «Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования», Гомель, 2—4 октября 2012 г. — Гомель: ИММС. — 2012, 67—69
21. Дубравин А.М., Комков О.Ю., Мышкин Н.К. Анализ акустической эмиссии на микротрибометре возвратно-поступательного типа // Трение и износ. — 2004 (25), № 4, 363—367
22. Холодилов О.В., Маркавцов А.А. Связь первичного импульса упругого напряжения с сигналом на выходе измерительной системы // Неразрушающий контроль и диагностика. — 2019, № 1, 53—61
23. Холодилов О.В., Белоногий Д.Ю. О вкладе термоактивационной составляющей акустической эмиссии при трении // Неразрушающий контроль и диагностика. — 2012, № 4, 14—19
24. Tandon N. and Choudhury A. A. Review of Vibration and Acoustic Measurement Methods for the Detection of Defects in Rolling Element Bearings // Tribology International. — 1999 (32), 469—480

References

1. Obzor vibratsionnykh metodov i tekhnicheskikh sredstv, prednaznachennykh dlya diagnostiki podshipnikov kacheniya [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupa: <http://www.vibrocenter.ru/vibro01.htm/> — Data dostupa: 25.11.2013
2. Barkov A.V. Diagnostirovaniye i prognozirovaniye sostoyaniya podshipnikov kacheniya po signalu vibratsii // Sudostroyeniye. — 1985, № 3, 21—23
3. Barkov A.V., Barkova N.A., Azovtsev A.YU. Monitoring i diagnostika rotornykh mashin po vibratsii. — SPb.: Izd. Tsentr SPbGMTU. — 2000

4. **Barkov A.V., Barkova N.A.** Vibratsionnaya diagnostika mashin i oborudovaniya. Analiz vibratsii. — SPb: Izd. Tsentr SPbGMTU. — 2004
5. **Barkova N.A.** Sovremennoye sostoyaniye vibroakusticheskoy diagnostiki mashin [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupa: <http://www.vibrotek.ru/russian/biblioteka/book23/> — Datadostupa: 25.11.2013
6. **Markova L.V., Myshkin N.K.** Tribodiagnostika mashin. — Minsk: Bel. Nauka. — 2005
7. **Anur'yev V.I.** Spravochnik konstruktora-mashinostroytelya: v 2 t. — M.: Mashinostroyeniye. — 2001 (2)
8. **Galakhov M.A., Burmistrov A.N.** Raschiot podshipnikovyx uzlov. — M.: Mashinostroyeniye. — 1988
9. **Perel' L.Ya.** Podshipniki kacheniya: Raschet, proyektirovaniye I obsluzhivaniye opor: spravochnik. — M.: Mashinostroyeniye. — 1983
10. **Pollock A.** Acoustic Emission Control // Metals (Metals Handbook). — ASM International. — 1989 (17), 278—294
11. **Sviridenok A.I. [i dr.].** Akusticheskiye I elektricheskiye metody v tribotekhnike / pod red. V.A. Belogo. — Minsk: Nauka I tekhnika. — 1987
12. **Baranov V.M. [i dr.].** Akusticheskaya emissiya pri trenii. — M.: Energoatomizdat. — 1998
13. **Podmaster'yev K.V.** Elektroparametricheskiye metody kompleksnogo diagnostirovaniya opor kacheniya. — M.: Mashinostroyeniye. — 2001
14. **Konchits V.V., Kirpichenko Yu.Ye., and Korotkevich S.V.** Thermal Test of Boundary Layers by Electrical Contact Resistance Measurements // Journal of Friction and Wear. — 1996 (17), no. 4, 81—92
15. **Kholodilov O.V. [i dr.].** Analiz protivozadirnykh svoystv motornykh masel // Treniye i smazka v mashinakh i mekhanizmax. — 2006, № 12, 6—15
16. **Okisleniye metallov** / Pod red. Zh. Benara: per. s frants. — M.: Metallurgiya. — 1969 (2)
17. **Ustroystvo dlya kompleksnoy diagnostiki podshipnika kacheniya (varianty) i sposob kompleksnoy diagnostiki podshipnika kacheniya: pat. na izobreteniya № 23202 BY, MPK7 G 01M 13/04 — № a20170260 BY, zayavl. 10.07.2017, zaregistr. v Gos. reyestre izobr. 30.09.2020 / Natsion. tsentr intel. sobstv. / A.Ya. Grigor'yev, O.V. Kholodilov, D.M. Gutsev, V.G. Kudritskiy, S.V. Korotkevich, V.V. Kravchenko**
18. **Sposob diagnostiki podshipnika kacheniya: pat. na izobreteniya № 20175, BY, MPK7 G 01M 13/04 — a20131195, zayavl. 15.10.2013, zaregistr. v Gos. reyestre izobr. 10.03.2016 / Natsion. tsentr intel. sobstv. / O.V. Kholodilov, S.V. Korotkevich, V.V. Kravchenko, A.V. Yanchilik**
19. **Korotkevich S.V., Pinchuk V.G., Bobovich C.O.** Iznosostoykost' metallov pri granichnom trenii. — Gomel': GGU im. F. Skoriny. — 2011
20. **Belonogiy D.Yu., Butkevich A.V.** Modelirovaniye kanala registratsii akusticheskoy emissii // Tez. dokl. II Respubl. nauch.-tekhn. konf. molodykh uchenykh «Novyye funktsional'nyye materialy, sovremennyye tekhnologii I metody issledovaniya», Gomel', 2—4 oktyabrya 2012 g. — Gomel': IMMS. — 2012, 67—69
21. **Dubravyn A.M., Komkov O.Yu., and Myshkin N.K.** Analysis of Acoustic Emission in a Reciprocating Microtribometer // Journal of Friction and Wear. — 2004 (25), № 4, 18—21
22. **Kholodilov O.V., Markavtsov A.A.** Svyaz' pervichnogo impul'sa uprugogo napryazheniya s signalom navykhode izmeritel'noy sistemy // Nerazrushayushchiy kontrol' I diagnostika. — 2019, № 1, 53—61
23. **Kholodilov O.V., Belonogiy D.Yu.** O vklade termoaktivatsionnoy sostavlyayushchey akusticheskoy emissii pri trenii // Nerazrushayushchiy kontrol' i diagnostika. — 2012, № 4, 14—19
24. **Tandon N. and Choudhury A. A.** Review of Vibration and Acoustic Measurement Methods for the Detection of Defects in Rolling Element Bearings // Tribology International. — 1999 (32), 469—480

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.

Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Full text of articles can be purchased from the editorial office.

Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050 Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: FWJ@tut.by

Web: <https://mpri.org.by/izdaniya/trenie-i-iznos/>