

УДК.621.822.17

Оценка износостойкости радиального подшипника с нестандартной опорной поверхностью при учете сжимаемости и вязкости смазочного материала

Е.А. Болгова, Г.А. Бадахов, М.А. Мукутадзе, В.Е. Шведова

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, г. Ростов-на-Дону 344038, Россия

Поступила в редакцию 29.07.2024.

После доработки 30.11.2024.

Принята к публикации 10.12.2024.

Исследование включает разработку и анализ математической модели истинно вязкого смазочного материала в модифицированной конструкции подшипника скольжения с композиционным фторопластсодержащим покрытием на поверхности вала и канавкой, которая способствует улучшению распределения смазочного материала и повышению долговечности системы. На основе уравнения движения, исследуемого жидкого смазочного материала, уравнения неразрывности и уравнения состояния получены новые математические модели, учитывающие дополнительно такой его параметр, как сжимаемость. Новизна работы заключается в разработке методики инженерных расчетов конструкции радиального подшипника скольжения с полимерным покрытием при учете наличия канавки, а также зависимости вязкости от давления и сжимаемости смазочного материала, позволяющих определить величину основных триботехнических параметров. Результаты исследования обеспечили снижение погрешностей по несущей способности на 11—13 %, и по коэффициенту трения на 9—12 % модифицированного подшипника в сравнении с традиционными конструкциями. В результате удалось добиться увеличения срока службы радиальных подшипников, что имеет большое значение для их промышленного применения.

Ключевые слова: сжимаемость, модифицированная конструкция, покрытие, ламинарный режим, оценка износостойкости, зависимость вязкости, точное решение, гидродинамика.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-522-530

Адрес для переписки:

М.А. Мукутадзе
Ростовский государственный университет путей сообщения
(РГУПС),
пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
г. Ростов-на-Дону 344038, Россия
e-mail: murman1963@yandex.ru

Address for correspondence:

М.А. Mukutadze
Rostov State Transport University (RSTU),
Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya Sq., 2,
Rostov-on-Don 344038, Russia
e-mail: murman1963@yandex.ru

Для цитирования:

Е.А. Болгова, Г.А. Бадахов, М.А. Мукутадзе, В.Е. Шведова.
Оценка износостойкости радиального подшипника с
нестандартной опорной поверхностью при учете сжимаемости и
вязкости смазочного материала.
Трение и износ.
2024. — Т. 45, № 6. — С. 522—530.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-522-530

For citation:

E.A. Bolgova, G.A. Badakhov, M.A. Mukutadze, and V.E. Shvedova.
[Evaluation of the Wear Resistance of a Radial Bearing with a Non-
standard Bearing Surface, Taking into Account the Compressibility and
Viscosity of the Lubricant].
Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 6, pp. 522—530 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-522-530

Evaluation of the Wear Resistance of a Radial Bearing with a Non-Standard Bearing Surface, Taking into Account the Compressibility and Viscosity of the Lubricant

E.A. Bolgova, G.A. Badakhov, M.A. Mukutadze, and V.E. Shvedova

Rostov State Transport University (RSTU),
Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya Sq., 2, Rostov-on-Don 344038, Russia

Received 27.07.2024.

Revised 30.11.2024.

Accepted 10.12.2024.

Abstract

The research includes the development and analysis of a mathematical model of a truly viscous lubricant in a modified sliding bearing design with a composite fluoroplastic coating on the surface of the shaft and a groove, which helps to improve the distribution of lubricant and increase the durability of the system. Based on the equation of motion, the liquid lubricant under study, the continuity equation and the equation of state, new mathematical models have been obtained that additionally take into account such a parameter as compressibility. The novelty of the work lies in the development of a methodology for engineering calculations of the design of a radial sliding bearing with a polymer coating, taking into account the presence of a groove, as well as the dependence of viscosity on pressure and compressibility of the lubricant, allowing to determine the value of the main tribotechnical parameters. The results of the study provided a reduction in errors in bearing capacity by 11—13 %, and in coefficient of friction by 9—12 % of the modified bearing in comparison with traditional designs. As a result, it was possible to achieve an increase in the service life of radial bearings, which is of great importance for their industrial application.

Keywords: compressibility, modified structure, coating, laminar flow, wear resistance assessment, viscosity dependence, exact solution, hydrodynamics.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-522-530

Адрес для переписки:

М.А. Мукутадзе
Ростовский государственный университет путей сообщения
(РГУПС),
пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2,
г. Ростов-на-Дону 344038, Россия
e-mail: murman1963@yandex.ru

Address for correspondence:

M.A. Mukutadze
Rostov State Transport University (RSTU),
Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya Sq., 2,
Rostov-on-Don 344038, Russia
e-mail: murman1963@yandex.ru

Для цитирования:

Е.А. Болгова, Г.А. Бадахов, М.А. Мукутадзе, В.Е. Шведова.
Оценка износостойкости радиального подшипника с
нестандартной опорной поверхностью при учете сжимаемости и
вязкости смазочного материала.
Трение и износ.
2024. — Т. 45, № 6. — С. 522—530.
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-522-530

For citation:

E.A. Bolgova, G.A. Badakhov, M.A. Mukutadze, and V.E. Shvedova.
[Evaluation of the Wear Resistance of a Radial Bearing with a Non-
standard Bearing Surface, Taking into Account the Compressibility and
Viscosity of the Lubricant].
Trenie i Iznos.
2024, vol. 45, no. 6, pp. 522—530 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-6-522-530

Список использованных источников

1. **Павлычева Е.А.** Разработка полимерной композиции для получения защитного покрытия на металлических поверхностях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2022, № 2, 33—36. DOI: 10.17513/mjpf.13355
2. **Гракович П.Н., Шелестова В.А., Шумская В.Ю., Шилько И.С., Гучев Д.М., Башлакова А.Л., Целуев М.Ю.** Влияние типа углеволокнистого наполнителя на физико-механические и триботехнические свойства фторопластовых композитов // Трение и износ. — 2019 (40), № 1, 18—24
3. **Титов Н.В., Кузнецов И.С., Логачев В.Н., Прудников М.И., Ковалева И.Н.** Эффективность применения антифрикционных твердосмазочных покрытий для пар трения «металл-полимер» // Трение и износ. — 2024 (45), № 2, 110—117. DOI 10.32864/0202-4977-2024-45-2-110-117
4. **Robertson B.P. and Calabrese M.A.** Evaporation-controlled Dripping-Onto-Substrate (DoS) Extensional Rheology of Viscoelastic Polymer Solutions // Scientific Reports. — 2022 (12), no. 1, 4697. DOI: 10.1038/s41598-022-08448-x
5. **Saha S. and Adachi Y.** Shielding Behavior of Electrokinetic Properties of Polystyrene Latex Particle by the Adsorption of Neutral Poly(ethylene oxide) // Journal of Colloid and Interface Science. — 2022, no. 626, 930—938. DOI: 10.1016/j.jcis.2022.06.154
6. **Egghe T., Ghobeira R., Morent R. et al.** Comparative Study of the Aging Behavior of Plasma Activated Hexamethyldisiloxane-Based Plasma Polymers and Silicone Elastomer Thin Films // Progress in Organic Coatings. — 2022, no. 172, 107091. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2022.107091
7. **Чернец М., Шилько С., Корниенко А., Пашечко М.** Трибоанализ антифрикционных материалов на основе полиамидов для металлополимерных подшипников скольжения // Трение и износ. — 2023 (44), № 2, 103—113. DOI 10.32864/0202-4977-2023-44-2-103-113
8. **Nithin S., Rajagopal K., and Veeraragavan A.** State-of-the Art Summary of Geosynthetic Interlayer Systems for Retarding the Reflective Cracking // Indian Geotechnical Journal. — 2015 (45), no. 4, 472—487. DOI: 10.1007/s40098-015-0161-7
9. **Zhang F. and Wei X.** Study of Ionic/Nonionic Polyurethane Dispersions with High Solid Content and Low Viscosity Using a Complex Hydrophilic Chain-Extending Agent // Journal of Coatings Technology and Research. — 2018 (15), no. 1, 141—148. DOI: 10.1007/s11998-017-9965-y
10. **Thirumurugan V. and Kumar M.R.** Design of an Instrument to Determine the Acoustic Characteristics of Non Wovens Made from Recycled Polyester, Jute and Flax // Fibers and Polymers. — 2020 (21), no. 12, 3009—3015. DOI: 10.1007/s12221-020-0096-1
11. **Mestry S.U., Khuntia S.P., and Mhaske S.T.** Correction to: Development of Waterborne Polyurethane Dispersions (WPUdS) from Novel Cardanol-Based Reactive Dispersing Agent // Polymer Bulletin. — 2021 (78), no. 12, 1—1. DOI: 10.1007/s00289-020-03504-w
12. **Lysova M.A., Gruzitseva N.A., and Gusev B.N.** Establishment of Quality Indicators for Nonwoven Geosynthetic Fabrics According to Their Operational Functions // Russian Journal of General Chemistry. — 2021 (91), no. 6, 1213—1217. DOI: 10.1134/S1070363221060359
13. **Nega B.F., Pierce R.S., Yi X., and Liu X.** Characterization of Mechanical and Damping Properties of Carbon. Jute Fibre Hybrid SMC Composites // Applied Composite Materials. — 2022 (3), no. 29(10), 1637—1651. DOI: 10.1007/s10443-022-10034-3
14. **Кирищинева В.И., Мукутадзе М.А.** Повышение износостойкости радиального подшипника с некруговым опорным профилем и фторопластсодержащим композиционным полимерным покрытием // Транспортное машиностроение. — 2022 (11), № 11, 10—17. DOI: 10.30987/2782-5957-2022-11-10-17
15. **Khasyanova D.U., Mukutadze M.A., Mukutadze A.M., and Zadorozhnaya N.S.** Mathematical Model for a Lubricant in a Sliding Bearing with a Fusible Coating in Terms of Viscosity Depending on Pressure under an Incomplete Filling of a Working Gap // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. — 2021, no. 50, 405—411. DOI: 10.3103/S1052618821050083

References

1. **Pavlycheva E.A.** Razrabotka polimernoj kompozicii dlya polucheniya zashchitnogo pokrytiya na metallicheskih poverhnostyakh // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. — 2022, no. 2, 33—36. DOI: 10.17513/mjpf.13355 (in Russian)
2. **Grakovich P.N., Shelestova V.A., Shumskaya V.Yu., Shil'ko I.S., Gucev D.M., Bashlakova A.L., Celuev M.Yu.** Vliyanie tipa uglevoloknistogo napolnitelya na fiziko-mekhanicheskie i tribotekhnicheskie svojstva ftoroplastovykh kompozitov // Journal of Friction and Wear. — 2019 (40), no. 1, 18—24
3. **Titov N.V., Kuznecov I.S., Logachev V.N., Prudnikov M.I., Kovaleva I.N.** Effektivnost' primeneniya antifrikcionnyh tverdosmazochnyh pokrytij dlya par treniya «metall-polimer» // Journal of Friction and Wear. — 2024 (45), no. 2, 110—117. DOI 10.32864/0202-4977-2024-45-2-110-117
4. **Robertson B.P. and Calabrese M.A.** Evaporation-controlled Dripping-Onto-Substrate (DoS) Extensional Rheology of Viscoelastic Polymer Solutions // Scientific Reports. — 2022 (12), no. 1, 4697. DOI: 10.1038/s41598-022-08448-x

5. **Saha S. and Adachi Y.** Shielding Behavior of Electrokinetic Properties of Polystyrene Latex Particle by the Adsorption of Neutral Poly(ethylene oxide) // *Journal of Colloid and Interface Science.* — 2022, no. 626, 930—938. DOI: 10.1016/j.jcis.2022.06.154
6. **Egghe T., Ghoheira R., Morent R. et al.** Comparative Study of the Aging Behavior of Plasma Activated Hexamethyldisiloxane-Based Plasma Polymers and Silicone Elastomer Thin Films // *Progress in Organic Coatings.* — 2022, no. 172, 107091. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2022.107091
7. **Chernec M., Shil'ko S., Kornienko A., and Pashechko M.** Triboanaliz antifrikcionnyh materialov na osnove poliamidov dlya metallopolimernyh podshipnikov skol'zheniya // *Journal of Friction and Wear.* — 2023 (44), no. 2, 103—113. DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-2-103-113
8. **Nithin S., Rajagopal K., and Veeraragavan A.** State-of-the Art Summary of Geosynthetic Interlayer Systems for Retarding the Reflective Cracking // *Indian Geotechnical Journal.* — 2015 (45), no. 4, 472—487. DOI: 10.1007/s40098-015-0161-7
9. **Zhang F. and Wei X.** Study of Ionic/Nonionic Polyurethane Dispersions with High Solid Content and Low Viscosity Using a Complex Hydrophilic Chain-Extending Agent // *Journal of Coatings Technology and Research.* — 2018 (15), no. 1, 141—148. DOI: 10.1007/s11998-017-9965-y
10. **Thirumurugan V. and Kumar M.R.** Design of an Instrument to Determine the Acoustic Characteristics of Non Wovens Made from Recycled Polyester, Jute and Flax // *Fibers and Polymers.* — 2020 (21), no. 12, 3009—3015. DOI: 10.1007/s12221-020-0096-1
11. **Mestry S.U., Khuntia S.P., and Mhaske S.T.** Correction to: Development of Waterborne Polyurethane Dispersions (WPUdS) from Novel Cardanol-Based Reactive Dispersing Agent // *Polymer Bulletin.* — 2021 (78), no. 12, 1—1. DOI: 10.1007/s00289-020-03504-w
12. **Lysova M.A., Gruzitseva N.A., and Gusev B.N.** Establishment of Quality Indicators for Nonwoven Geosynthetic Fabrics According to Their Operational Functions // *Russian Journal of General Chemistry.* — 2021 (91), no. 6. 1213—1217. DOI: 10.1134/S1070363221060359
13. **Nega B.F., Pierce R.S., Yi X., and Liu X.** Characterization of Mechanical and Damping Properties of Carbon. Jute Fibre Hybrid SMC Composites // *Applied Composite Materials.* — 2022 (3), no. 29(10), 1637—1651. DOI: 10.1007/s10443-022-10034-3
14. **Kirishchieva V.I., Mukutadze M.A.** Povyshenie iznosostojkosti radial'nogo podshipnika s nekrugovym opornym profilem i ftoroplastsoderzhashchim kompozicionnym polimernym pokrytiem // *Transportnoe mashinostroenie.* — 2022 (11), no. 11, 10—17. DOI: 10.30987/2782-5957-2022-11-10-17 (in Russian)
15. **Khasyanova D.U., Mukutadze M.A., Mukutadze A.M., and Zadorozhnaya N.S.** Mathematical Model for a Lubricant in a Sliding Bearing with a Fusible Coating in Terms of Viscosity Depending on Pressure under an Incomplete Filling of a Working Gap // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability.* — 2021, no. 50, 405—411. DOI: 10.3103/S1052618821050083

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