УДК 621.89.017

Исследование ресурса и смазочных свойств пластичных смазочных материалов для подшипников качения при работе в космических условиях

М.В. Прожега, Е.О. Решиков, Н.Н. Смирнов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения
им. А.А. Благонравова Российской академии наук,
М. Харитоньевский пер., д. 4, г. Москва 101990, Россия

Поступила в редакцию 22.09.2021.

После доработки 07.12.2021.

Принята к публикации 10.12.2021.

В работе исследовали смазочные свойства и относительный ресурс пластичных смазочных материалов для работы в космосе. Разработаны испытательное оборудование и методика испытаний для определения относительного ресурса и смазочной способности пластичных смазочных материалов. Исследованы коммерчески доступные пластичные смазочные материалы марок «ВНИИ НП-274», «АМЕТИСТ», «НИКА», «ИЗУМРУД», «EFELE SG-394». Испытательная методика основана на испытании подшипника качения с ограниченным количеством смазочного материала. Смазочную способность оценивали по величине коэффициента трения, относительный ресурс пластичного смазочного материала — по отношению времени работы подшипника до резкого роста коэффициента трения к массе смазочного материала. Проведены испытания в нормальных климатических условиях и близких к космическим: в вакууме при давлении в камере $<10^{-4}$ бар и при температуре 100 °С. Нагрузка на подшипник 2800 Н, частота вращения 50 об/мин. Результаты испытаний показали, что в нормальных климатических условиях ПСМ «ВНИИ НП-274», «Ника» и «EFELE SG-394» обладают низким коэффициентом трения и имеют высокий относительный ресурс. При испытаниях в условиях, приближенных к космическим (в вакууме и при повышенной температуре) низкий коэффициент трения и наибольший относительный ресурс имеют ПСМ «Ника» и EFELE SG-394. Относительный ресурс исследуемых ПСМ при переходе от нормальных климатических условий к космическим снижается в 6—20 раз (для ПСМ № 1 ВНИИ НП-274 в 200 раз). Уменьшение ресурса связано с ускоренной деградацией смазки в вакууме и при нагреве.

Ключевые слова: пластичные смазочные материалы, ресурс, космос, вакуум, коэффициент трения, трение в вакууме.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-660-669

Адрес для переписки:

М.В. Прожега
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской
академии наук,
М. Харитоньевский пер., д. 4, г. Москва 101990, Россия
e-mail: prmaksim@iuash.ru

Address for correspondence:

M.V. Prozhega
Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of
Sciences,
M. Kharitonyevskiy pereulok, 4, Moscow 101990, Russia
e-mail: prmaksim@iuash.ru

Для цитирования:

М.В. Прожега, Е.О. Решиков, Н.Н. Смирнов.
Исследование ресурса и смазочных свойств пластичных
смазочных материалов для подшипников качения при работе в
космических условиях.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 6. — С. 660—669.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-660-669

For citation:

M.V. Prozhega, E.O. Reschikov, and N.N. Smirnov
[Research of Lifetime and Lubricant Properties Grease for Rolling
Bearings Operating in Space Conditions].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 6, pp. 660—669 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-660-669

Research of Lifetime and Lubricant Properties Grease for Rolling Bearings Operating in Space Conditions

M.V. Prozhega, E.O. Reschikov, and N.N. Smirnov

Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences,
M. Kharitonyevskiy pereulok, 4, Moscow 101990, Russia

Received 22.09.2021.

Revised 07.12.2021.

Accepted 10.12.2021.

Abstract

The grease working in space lubricating properties and relative lifetime were investigated. Grease relative lifetime and lubricity test methods and testing equipment were developed. The commercially available greases “VNII NP-274”, “AMETIST”, “NIKA”, “IZUMRUD” and “EFELE SG-394” were tested. The test procedure is based on testing the rolling bearing with a limited amount of lubricant. Lubricity was evaluated by the value of the coefficient of friction. The grease relative lifetime was assessed by the bearing operating time before the coefficient of friction sharp increase divided to the mass of the lubricant. Tests were carried out in both: normal climatic conditions and close to space (in vacuum $<10^{-4}$ bar and at high temperature 100 °C). Bearing load 2800 N, rotation frequency 50 rpm. The test results showed that greases “VNII NP-274”, “NIKA” and “EFELE SG-394” have a low coefficient of friction and a high relative lifetime under normal climatic conditions. When tested in close to space conditions (in vacuum and at high temperatures), greases “NIKA” and “EFELE SG-394” have a low coefficient of friction and the highest relative lifetime. The studied greases relative lifetime decreases by 6—20 times (for grease “VNII NP-274” by 200 times) during the transition from normal climatic to space conditions. The lifetime decrease is associated with the lubricant accelerated destruction in vacuum and during heating.

Keywords: grease, operating lifetime, lubrication, vacuum, coefficient of friction, friction in vacuum.

DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-660-669

Адрес для переписки:

М.В. Прожега
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской
академии наук,
М. Харитоньевский пер., д. 4, г. Москва 101990, Россия
e-mail: prmaksim@iuash.ru

Для цитирования:

М.В. Прожега, Е.О. Решиков, Н.Н. Смирнов.
Исследование ресурса и смазочных свойств пластичных
смазочных материалов для подшипников качения при работе в
космических условиях.
Трение и износ.
2021. — Т. 42, № 6. — С. 660—669.
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-660-669

Address for correspondence:

M.V. Prozhega
Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of
Sciences,
M. Kharitonyevskiy pereulok, 4, Moscow 101990, Russia
e-mail: prmaksim@iuash.ru

For citation:

M.V. Prozhega, E.O. Reschikov, and N.N. Smirnov
[Research of Lifetime and Lubricant Properties Grease for Rolling
Bearings Operating in Space Conditions].
Trenie i Iznos.
2021, vol. 42, no. 6, pp. 660—669 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-6-660-669

Список использованных источников

1. **Bronovets M.A.** Tribology Problems in Space // 5th World Tribology Congress, WTC 2013, — 2013 (4), 2951—2954
2. **Броновец М.А.** Анализ схем испытаний на трение и износ на орбите // Научные тр. VI международной науч. конф. «Фундаментальные исследования и инновационные технологии в машиностроении». — 2019, 78—80
3. **Мышкин Н.К., Григорьев А.Я., Басинюк В.Л., Мардосевич Е.И., Ковальчук Г.Ф., Папина С.С., Ковалева И.Н., Кудрицкий В.Г.** Космическая трибология: состояние и перспективы // Механика машин, механизмов и материалов. — 2012, № 3—4(20—21), 126—130
4. **Прожега М.В., Албагачиев А.Ю., Смирнов Н.И., Смирнов Н.Н.** Смазочные материалы для механизмов, работающих в космосе // Трение и износ. — 2018 (39), № 4, 421—427
5. **Трибокосмос:** сайт. — URL: <https://tsnii-mash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/experiments/tribokosmos/> (дата обращения: 26.07.2021).
6. **Luo J. and Zhou X.** Superlubricative Engineering—Future Industry Nearly Getting Rid of Wear and Frictional Energy Consumption // Friction. — 2020, no. 8, 643—665. <https://doi.org/10.1007/s40544-020-0393-0>
7. **Wenhua Zhuang, Xiaoqiang Fan, Wen Li, Hao Li, Lin Zhang, Jinfang Peng, Zhenbing Cai, Jiliang Mo, Guangan Zhang, Minhao Zhu.** Comparing Space Adaptability of Diamond-Like Carbon and Molybdenum Disulfide Films Toward Synergistic Lubrication // Carbon. — 2018 (134), 163—173. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2018.03.059>
8. **Nicola De Laurentis, Amir Kadiric, Piet Lugt, and Philippa Cann.** The Influence of Bearing Grease Composition on Friction in Rolling/Sliding Concentrated Contact // Tribology International. — 2016 (94), 624—632, <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2015.10.012>.
9. **Ilaria Ghezzi, Davide Tonazzi, Michael Rovere, Cédric Le Coeur, Yves Berthier, and Francesco Massi.** Frictional behaviour of a Greased Contact under Low Sliding Velocity Condition // Tribology International. — 2021 (155), 106788, <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106788>.
10. **Balasubramaniam Vengudusamy, Claus Enekes, and Reiner Spallek.** On the Film Forming and Friction behaviour of Greases in Rolling/Sliding Contacts // Tribology International. — 2019 (129), 323—337, <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2018.08.026>.
11. **David Gonçalves, Beatriz Graça, Armando V. Campos, and J. Seabra** On the Friction behaviour of Polymer Greases // Tribology International. — 2016 (93), Part A, 399—410. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2015.09.027>.
12. **Albagachiev A.Y., Buyanovskii I.A., Samusenko V.D. et al.** Temperature Resistance of Russian Vacuum Lubricants // Russ. Engin. — 2019 (39), 1011—1013. <https://doi.org/10.3103/S1068798X19120037>
13. **Pepper S.V. and Kingsbury E.P.** Spiral Orbit Tribometry — Part I: Description of the Tribometer // Tribology Transactions. — 2003 (46), no. 1, 57—64. DOI: 10.1080/10402000308982600
14. **Novikov A.V., Prozhega M.V., Smirnov N.I., Smirnov N.N., and Nazarov A.N.** IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 747, Int. Conf. of Young Scientists and Students “Topical Problems of Mechanical Engineering” (ToPME-2019) 4—6 December 2019, Moscow, Russia 012039 // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. — 2020, 747 012039. doi:10.1088/1757-899X/747/1/012039
15. **Prozhega M.V., Reschikov E.O., Shirshov A.D., and Yakovenko N.G.** Frictional Properties of 3D Printing Polymers in Vacuum // Journal of Friction and Wear. — 2020 (41), no. 6, 565—570. DOI: [org.10.3103/S1068366620060173](https://doi.org/10.3103/S1068366620060173)
16. **David Gonçalves, Tiago Cousseau, André Gama, Armando V. Campos, Jorge H.O. Seabra,** Friction Torque in Thrust Roller Bearings Lubricated with Greases, Their Base Oils and Bleed-Oils // Tribology International. — 2017 (107), 306—319. doi.org/10.1016/j.triboint.2016.11.041
17. **David Gonçalves, Samuel Pinho, Beatriz Graça, Armando V. Campos, and Jorge H.O. Seabra.** Friction Torque in Thrust Ball Bearings Lubricated with Polymer Greases of Different Thickener Content // Tribology International. — 2016 (96), 87—96. doi.org/10.1016/j.triboint.2015.12.017
18. **Tiago Cousseau, Beatriz M. Graça, Armando V. Campos, and Jorge H.O. Seabra.** Influence of Grease Rheology on Thrust Ball Bearings Friction Torque // Tribology International. — 2012 (46), no. 1, 106—113. doi.org/10.1016/j.triboint.2011.06.010
19. **Tiago Cousseau, Beatriz Graça, Armando Campos, and Jorge Seabra.** Friction Torque in Grease Lubricated Thrust Ball Bearings // Tribology International. — 2011 (44), no. 5, 523—531. doi.org/10.1016/j.triboint.2010.06.013

References

1. **Bronovets M.A.** Tribology Problems in Space // 5th World Tribology Congress, WTC 2013, — 2013 (4), 2951—2954
2. **Броновец М.А.** Analysis of in-orbit friction and wear test schemes [Analiz skhem ispytaniy na treniye i iznos na orbite] // Nauchnyye tr. VI mezhdunarodnoy nauch. konf. «Fundamental'nyye issledovaniya i innovatsi-onnyye tekhnologii v mashinostroyenii». — 2019, 78—80 (in Russian)
3. **Myshkin N.K., Grigoriev A.Ya., Basiniuk U.L., Mardosevich A.I., Kovalchuk G.F., Papina S.S.,**

- Kovaleva I.N., and Kudrytski V.G.** Space Tribology: The States and Prospects // *Mechanics of Machines, Mechanisms and Materials*. — 2012, nos. (3–4) 20–21, 126–130 (in Russian)
4. **Prozhega M.V., Albagachiev A.Yu., Smirnov N.I., and Smirnov N.N.** Lubricating Materials for Mechanisms Operating in Space // *Journal of Friction and Wear*. — 2018 (39), no. 4, 335–340. DOI: 10.3103/S106836661804013X
5. **TRIBOKOSMOS**, available at: <https://tsniimash.ru/science/scientific-experiments-onboard-the-is-rs/cnts/experiments/tribokosmos/> (accessed 26.07.2021).
6. **Luo J. and Zhou X.** Superlubricative Engineering—Future Industry Nearly Getting Rid of Wear and Frictional Energy Consumption // *Friction*. — 2020, no. 8, 643–665. <https://doi.org/10.1007/s40544-020-0393-0>
7. **Wenhua Zhuang, Xiaoqiang Fan, Wen Li, Hao Li, Lin Zhang, Jinfang Peng, Zhenbing Cai, Jiliang Mo, Guangan Zhang, Minhao Zhu.** Comparing Space Adaptability of Diamond-Like Carbon and Molybdenum Disulfide Films Toward Synergistic Lubrication // *Carbon*. — 2018 (134), 163–173. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2018.03.059>
8. **Nicola De Laurentis, Amir Kadiric, Piet Lugt, and Philippa Cann.** The Influence of Bearing Grease Composition on Friction in Rolling/Sliding Concentrated Contact // *Tribology International*. — 2016 (94), 624–632, <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2015.10.012>.
9. **Ilaria Ghezzi, Davide Tonazzi, Michael Rovere, Cédric Le Coeur, Yves Berthier, and Francesco Massi.** Frictional behaviour of a Greased Contact under Low Sliding Velocity Condition // *Tribology International*. — 2021 (155), 106788, <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106788>.
10. **Balasubramaniam Vengudusamy, Claus Enekes, and Reiner Spallek.** On the Film Forming and Friction behaviour of Greases in Rolling/Sliding Contacts // *Tribology International*. — 2019 (129), 323–337, <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2018.08.026>.
11. **David Gonçalves, Beatriz Graça, Armando V. Campos, and J. Seabra** On the Friction behaviour of Polymer Greases // *Tribology International*. — 2016 (93), Part A, 399–410. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2015.09.027>.
12. **Albagachiev A.Y., Buyanovskii I.A., Samusenko V.D. et al.** Temperature Resistance of Russian Vacuum Lubricants // *Russ. Engin.* — 2019 (39), 1011–1013. <https://doi.org/10.3103/S1068798X19120037>
13. **Pepper S.V. and Kingsbury E.P.** Spiral Orbit Tribometry — Part I: Description of the Tribometer // *Tribology Transactions*. — 2003 (46), no. 1, 57–64. DOI: 10.1080/10402000308982600
14. **Novikov A.V., Prozhega M.V., Smirnov N.I., Smirnov N.N., and Nazarov A.N.** IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 747, Int. Conf. of Young Scientists and Students “Topical Problems of Mechanical Engineering” (ToPME-2019) 4–6 December 2019, Moscow, Russia 012039 // *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* — 2020, 747 012039. doi:10.1088/1757-899X/747/1/012039
15. **Prozhega M.V., Reschikov E.O., Shirshov A.D., and Yakovenko N.G.** Frictional Properties of 3D Printing Polymers in Vacuum // *Journal of Friction and Wear*. — 2020 (41), no. 6, 565–570. DOI: org.10.3103/S1068366620060173
16. **David Gonçalves, Tiago Cousseau, André Gama, Armando V. Campos, Jorge H.O. Seabra,** Friction Torque in Thrust Roller Bearings Lubricated with Greases, Their Base Oils and Bleed-Oils // *Tribology International*. — 2017 (107), 306–319. doi.org/10.1016/j.triboint.2016.11.041
17. **David Gonçalves, Samuel Pinho, Beatriz Graça, Armando V. Campos, and Jorge H.O. Seabra.** Friction Torque in Thrust Ball Bearings Lubricated with Polymer Greases of Different Thickener Content // *Tribology International*. — 2016 (96), 87–96. doi.org/10.1016/j.triboint.2015.12.017
18. **Tiago Cousseau, Beatriz M. Graça, Armando V. Campos, and Jorge H.O. Seabra.** Influence of Grease Rheology on Thrust Ball Bearings Friction Torque // *Tribology International*. — 2012 (46), no. 1, 106–113. doi.org/10.1016/j.triboint.2011.06.010
19. **Tiago Cousseau, Beatriz Graça, Armando Campos, and Jorge Seabra.** Friction Torque in Grease Lubricated Thrust Ball Bearings // *Tribology International*. — 2011 (44), no. 5, 523–531. doi.org/10.1016/j.triboint.2010.06.013

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