

УДК 621.822.172

Исследования применимости подшипника двойного взаимобратного щелевого дросселирования в среде свинцового теплоносителя

Н.С. Волков, А.Р. Маров, Т.А. Бокова, А.Г. Мелузов, Т.К. Зырянова, Р.В. Сумин,
М.Д. Погорелов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
ул. Минина, 24, г. Нижний Новгород 603155, Россия

Поступила в редакцию 12.07.2023.

После доработки 10.10.2023.

Принята к публикации 13.10.2023.

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния режимов работы циркуляционного насоса на износ гидростатического подшипника двойного взаимобратного щелевого дросселирования, работающего в среде свинцового теплоносителя. Исследования проводились на высокотемпературном циркуляционном стенде при температуре свинцового теплоносителя 420–450 °С. Получены результаты режима эксплуатации при большом количестве циклов пуск-останов (около 100 циклов за 100 часов работы), длительной работе при малом числе циклов пуск-останов и номинальных оборотах 1000–1100 об/мин (не более 8 за 100 часов работы), в режиме 25 циклов пусков-останов за 100 часов и в режиме при малом количестве циклов пуск-останов (не более 8 за 100 часов) и оборотах насоса ниже номинального значения 600–700 об/мин данные об износе втулки подшипника и вала представлены в тексте статьи. Обработка и анализ результатов исследований позволили сделать вывод о возможности эксплуатации данного типа подшипника в системах с низконапорными осевыми насосами только в режиме работы, при котором перепад, создаваемый насосом, превышает 1,1 м ст. свинца.

Ключевые слова: износ подшипника, гидростатический подшипник, свинцовый теплоноситель, двойное взаимобратное щелевое дросселирование, осевой насос, термодинамическая активность кислорода, оксидное покрытие, режим эксплуатации, высокотемпературный стенд, ресурс.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-5-463-469

Адрес для переписки:

Н.С. Волков
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
ул. Минина, 24, г. Нижний Новгород 603155, Россия
e-mail: VolkovNSntu@ya.ru

Для цитирования:

Н.С. Волков, А.Р. Маров, Т.А. Бокова, А.Г. Мелузов, Т.К. Зырянова, Р.В. Сумин, М.Д. Погорелов
Исследования применимости подшипника двойного взаимобратного щелевого дросселирования в среде свинцового теплоносителя.
Трение и износ.
2023. – Т. 44, № 5. – С. 463–469.
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-5-463-469

Address for correspondence:

N.S. Volkov
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
“Nizhny Novgorod State Technical University Named after R.E.
Alekseev”
Minin Street, 24, Nizhny Novgorod 603155, Russia
e-mail: : VolkovNSntu@ya.ru

For citation:

N.S. Volkov, A.R. Marov, T.A. Bokova, A.G. Meluzov,
T.K. Zyryanova, R.V. Sumin, and M.D. Pogorelov
[Research on the Applicability of the Double Reciprocating Slit
Throttling Bearing in a Lead Coolant Environment].
Trenie i Iznos.
2023, vol. 44, no. 5, pp. 463–469 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-5-463-469

Research on the Applicability of the Double Reciprocating Slit Throttling Bearing in a Lead Coolant Environment

N.S. Volkov, A.R. Marov, T.A. Bokova, A.G. Meluzov, T.K. Zyryanova, R.V. Sumin, and M.D. Pogorelov

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Nizhny Novgorod State Technical University Named after R.E. Alekseev”
Minin Street, 24, Nizhny Novgorod 603155, Russia

Received 12.07.2023.

Revised 10.10.2023.

Accepted 13.10.2023.

Abstract

The article presents the results of experimental studies on the effect of circulation pump operating modes on the wear of a double reciprocating slit throttling hydrostatic bearing operating in a lead coolant environment. The experiments were conducted on a high-temperature circulation test bench at a lead coolant temperature of 420—450 °C. Results were obtained for operation modes with a high number of start-stop cycles (approximately 100 cycles per 100 hours of operation), sustained operation with a low number of start-stop cycles and nominal speeds of 1000—1100 rpm (not exceeding 8 cycles per 100 hours of operation), with 25 start-stop cycles per 100 hours, and at low pump speeds below nominal values of 600—700 rpm with a maximum of 8 start-stop cycles per 100 hours of operation. Data on wear of the bearing bush and shaft are presented in the article. Processing and analysis of the research results led to the conclusion that this type of bearing can be used in low-pressure axial pump systems only under conditions where the pump creates a head exceeding 1.1 m of liquid lead.

Keywords: bearing wear, hydrostatic bearing, lead coolant, double reciprocating slit throttling, axial pump, thermodynamic activity of oxygen, oxide coating, operating mode, high-temperature stand, re-source.

DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-5-463-469

Адрес для переписки:

Н.С. Волков
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», ул. Минина, 24, г. Нижний Новгород 603155, Россия
e-mail: VolkovNSntu@ya.ru

Для цитирования:

Н.С. Волков, А.Р. Маров, Т.А. Бокова, А.Г. Мелузов, Т.К. Зырянова, Р.В. Сумин, М.Д. Погорелов
Исследования применимости подшипника двойного взаимнообратного щелевого дросселирования в среде свинцового теплоносителя.
Трение и износ.
2023. — Т. 44, № 5. — С. 463—469.
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-5-463-469

Address for correspondence:

N.S. Volkov
Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “Nizhny Novgorod State Technical University Named after R.E. Alekseev”
Minin Street, 24, Nizhny Novgorod 603155, Russia
e-mail: VolkovNSntu@ya.ru

For citation:

N.S. Volkov, A.R. Marov, T.A. Bokova, A.G. Meluzov, T.K. Zyryanova, R.V. Sumin, and M.D. Pogorelov
[Research on the Applicability of the Double Reciprocating Slit Throttling Bearing in a Lead Coolant Environment].
Trenie i Izнос.
2023, vol. 44, no. 5, pp. 463—469 (in Russian).
DOI: 10.32864/0202-4977-2023-44-5-463-469

Список использованных источников

1. **Безносков А.В., Бокова Т.А., Боков П.А.** Технологии и основное оборудование контуров реакторных установок, промышленных и исследовательских стендов со свинцовым и свинец-висмутовым теплоносителями: учеб. пособие. — Нижний Новгород: Литера. — 2016
2. **Митенков Ф.М., Новинский Э.Г., Будов В.М.** Главные циркуляционные насосы АЭС. — М.: Энергоатомиздат. — 1989
3. **Minghui Guo, Guojun Zhang, Guoqiang Xin, Hao Huang, Yu Huang, Youmin Rong, and Congyi Wu.** Laser Direct Writing of Rose Petal Biomimetic Micro-Bulge Structure to Realize Superhydrophobicity and Large Slip Length // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.* — 2023 (664). <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2023.130972>
4. **Bin Huang, Yingying Yun, Kexin Pu, Bowen Zhao, Kelin Wu.** Lubrication Performance Analysis of Lead-Bismuth Internal-Feedback Bearings in the Nuclear Main Pump System // *Annals of Nuclear Energy.* — 2023 (192). <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2023.109936>
5. **Синев Н.М., Удовиченко П.М.** Бессальниковые водяные насосы. — М.: Атомиздат. — 1972
6. **Безносков А.В., Боков П.А., Бокова Т.А., Махов К.А.** Особенности стальных элементов конструкций реакторных установок с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем // *Атомная энергия.* — 2016 (121), S. 1, № 3, 144—148
7. **Безносков А.В., Волков Н.С., Боков П.А., Бокова Т.А., Маров А.Р., Львов А.А.** Экспериментальные исследования характеристик проточных частей осевых насосов для свинцового теплоносителя в обоснование главных циркуляционных насосов контуров РУ с ТЖМТ // *Известия вузов. Ядерная энергетика.* — 2020, № 2, 64—72. <https://doi.org/10.26583/npe.2020.2.06>
8. **Безносков А.В., Боков П.А., Бокова Т.А., [и др.]** Экспериментальное исследование подшипников скольжения насосов применительно к исследовательским и реакторным контурам с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем // *Вопросы атомной науки и техники. Серия: Ядерно-реакторные константы.* — 2022, № 1, 113—124
9. **Воскресенский В.А., Дьяков В.П.** Расчет и проектирование опор скольжение (жидкостная смазка). — М.: Энергоатомиздат. — 1984
10. **Hongli Chen, Zhao Chen, Chong Chen, Xilin Zhang, Haoran Zhang, Pengcheng Zhao, Kangli Shi, Shuzhou Li, Jingchao Feng, Qin Zeng** Conceptual Design of a Small Modular Natural Circulation Lead Cooled Fast Reactor SNCLFR-100 // *International Journal of Hydrogen Energy.* — 2016, 7158—7168. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.01.101>

References

1. **Beznosov A.V., Bokova T.A., Bokov P.A.** Tekhnologii i osnovnoe oborudovanie konturov reaktornykh ustanovok, promyshlennykh i issledovatel'skikh standov so svintsovym i svintsevismutovym teplo nositeliami: ucheb. posobie. — Nizhny Novgorod: Litera. — 2016 (in Russian)
2. **Mitenkov F.M., Novinsky E.G., Budov V.M.** Glavnye tsirkulyatsionnye nasosy AES. — Moscow: Energoatomizdat. — 1989 (in Russian)
3. **Minghui Guo, Guojun Zhang, Guoqiang Xin, Hao Huang, Yu Huang, Youmin Rong, and Congyi Wu.** Laser Direct Writing of Rose Petal Biomimetic Micro-Bulge Structure to Realize Superhydrophobicity and Large Slip Length // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects.* — 2023 (664). <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2023.130972>
4. **Bin Huang, Yingying Yun, Kexin Pu, Bowen Zhao, and Kelin Wu.** Lubrication Performance Analysis of Lead-Bismuth Internal-Feedback Bearings in the Nuclear Main Pump System // *Annals of Nuclear Energy.* — 2023 (192). <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2023.109936>
5. **Sinev N.M., Udovichenko P.M.** Bessal'nikovye vodyanye nasosy. — Moscow: Atomizdat. — 1972 (in Russian)
6. **Beznosov A.V., Bokov P.A., Bokova T.A. et al.** Particularities of Steel Structural Elements of Reactor Facilities with Heavy Liquid Metal Coolant // *At. Energy.* — 2017 (121), 185—191. <https://doi.org/10.1007/s10512-017-0181-8>
7. **Beznosov, A.V., Volkov N.S., Bokov P.A., Bokova T.A., Marov A.R., Lvov A.A.** Experimental studies into the performance of the lead coolant axial pump wet ends to justify main circulation pumps for the hmlc reactor plant circuits // *Izvestiya vuzov. Yadernaya energetika.* — 2020, № 2, 64—72. <https://doi.org/10.26583/npe.2020.2.06>
8. **Beznosov A.V., Bokov P.A., Bokova T.A., [i dr.]** Eksperimental'noye issledovaniye podshipnikov skol'zheniya nasosov primenitel'no k issledovatel'skim i reaktornym konturam s tyazhelym zhidkometallicheskim teplonositelem // *Voprosy atomnoy nauki i tekhniki. Seriya: Yaderno-reaktornyye konstanty.* — 2022, № 1, 113—124
9. **Voskresenskiy V.A., D'yakov V.P.** Raschet i proyektirovaniye opor skol'zheniye (zhidkostnaya smazka). — M.: Energoatomizdat. — 1984
10. **Hongli Chen, Zhao Chen, Chong Chen, Xilin Zhang, Haoran Zhang, Pengcheng Zhao, Kangli Shi, Shuzhou Li, Jingchao Feng, and Qin Zeng** Conceptual Design of a Small Modular Natural Circulation Lead Cooled Fast Reactor SNCLFR-100 // *International Journal of Hydrogen Energy.* — 2016, 7158—7168. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.01.101>

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