

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

УДК 621.822.17 + 06

DOI 10.46973/0201-727X_2024_2_34

*Г. А. Бадахов, Е. А. Болгова, М. А. Мукутадзе, Е. Г. Чуб, В. Е. Шведова***РАЗРАБОТКА НОВОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МЕТОДА МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА В РАБОЧЕМ ЗАЗОРЕ РАДИАЛЬНОГО ПОДШИПНИКА С НЕСТАНДАРТНЫМ ОПОРНЫМ ПРОФИЛЕМ**

Аннотация. Статья посвящена изучению нового математического метода моделирования течения истинно вязкого смазочного материала в рабочем зазоре модифицированной конструкции радиального подшипника скольжения.

Для оценки износостойкости указанной конструкции в разработанном новом математическом методе учитываются полимерное покрытие с осевой канавкой, нестандартный опорный профиль и сжимаемость смазочного материала.

Полученные новые математические модели позволяют оценить продолжительность гидродинамического режима смазывания, произвести расчетную оценку влияния полимерного покрытия с осевой канавкой с учетом сжимаемости смазочного материала и нестандартного опорного профиля на основные рабочие характеристики подшипников скольжения: гидродинамическое давление, нагрузочную способность и силу трения.

Ключевые слова: математический метод, моделирование, сжимаемость, модифицированная конструкция, покрытие, оценка влияния.

Для цитирования: Разработка нового математического метода моделирования движения смазочного материала в рабочем зазоре радиального подшипника с нестандартным опорным профилем / Г. А. Бадахов, Е. А. Болгова, М. А. Мукутадзе [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2. – С. 34–41. – DOI 10.46973/0201-727X_2024_2_34.

Введение

Полимерные композиционные материалы в виде антифрикционных покрытий в настоящее время широко применяются в тяжелонагруженных низкоскоростных трибосистемах самых разных машин, обеспечивая значительные ресурсы узлов трения. Использование жидких смазочных материалов позволяет расширить скоростной диапазон их применимости, поскольку обеспечит переход от граничного трения самосмазыванием к жидкостному трению в условиях гидродинамики. Тогда во время пусков и выбегов будут работать покрытия, а в стационарный период – смазка.

Сжимаемость смазочного материала зачастую является причиной уменьшения его подачи, ухудшения действия двигателя и возникновения неустойчивого режима движения. В связи с этим возникает необходимость при теоретических и экспериментальных исследованиях [1–3] учета сжимаемости как важной и актуальной проблемы.

Качество трибоузлов закладывается на этапе их разработки и проектирования. Параметры, влияющие на качество узлов трения, меняются исходя из условий работы трибоузлов и свойств материалов, используемых в качестве смазочного связующего [4–7].

Анализ работ [8–15], посвященных одному из самых распространенных видов трибосопряжения подшипников скольжения, подчеркивает важность разработки новых моделей и повышения точности уже имеющихся радиального подшипника скольжения с полимерным антифрикционным покрытием и осевой канавкой на опорной поверхности втулки с некруглым опорным профилем, адаптированным к условиям трения (модифицированной конструкции радиального подшипника скольжения) в условиях применения вязкого смазочного материала [17] при учете сжимаемости смазочного материала.

Методика проведения исследований

Рассматривается установившееся движение в рабочем зазоре смазочного материала модифицированной конструкции радиального подшипника. Скорость вращения вала принята равной Ω , а нестандартной втулки – нулю.

Для достижения цели используем общеизвестные безразмерные уравнения движения сжимаемой жидкости в приближении «для тонкого слоя» и уравнение неразрывности [17], а также уравнение состояния с соответствующими граничными условиями:

$$\frac{\partial p_i}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial^2 v_i}{\partial r^2} = \frac{1}{\Lambda} \frac{dp_i}{d\theta}, \quad \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial r} + \frac{\partial(v_i \rho)}{\partial \theta} = 0, \quad p = \rho, \quad (1)$$

$$v = 1, \quad u = -\eta \sin \theta \quad \text{при } r = 1 - \eta \cos \theta = h(\theta);$$

$$v = v^*(\theta), \quad u = u^*(\theta) \quad \text{при } r = \eta_2; \quad 0 \leq \theta \leq \theta_1 \quad \text{и} \quad \theta_2 \leq \theta \leq 2\pi;$$

$$v = 0, \quad u = 0 \quad \text{при } r = 0; \quad \theta_1 \leq \theta \leq \theta_2;$$

$$p(0) = p(\theta_1) = p(\theta_2) = p(2\pi) = \frac{P_g}{p^*}, \quad p_3(\theta_2) = p_2(\theta_2), \quad p_1(\theta_1) = p_2(\theta_1), \quad Q = \text{const}, \quad (2)$$

$$\text{где } \eta = \frac{e}{\delta}; \quad \eta_1 = \frac{a'}{\delta}; \quad \eta_2 = \frac{\tilde{h}}{\delta}; \quad p = \frac{\Lambda \Omega^2 r_0^2}{2} \rho; \quad \Lambda = \frac{r_0^2 \mu \Omega}{p_g \delta^2}; \quad v^*(\theta) = \frac{1}{h(\theta) - \eta_2}; \quad u^*(\theta) = \frac{\eta \sin \theta}{h(\theta) - \eta_2}.$$

В полярной системе координат (рис. 1) уравнение контура вала, подшипниковой втулки без покрытия с некруговым профилем и подшипниковой втулки с полимерным покрытием преобразуем к виду

$$r' = r_0(1 + H), \quad r' = r_1 - a' \sin \omega \theta, \quad r' = r_1 - \tilde{h}(\theta) - a' \sin \omega \theta. \quad (3)$$

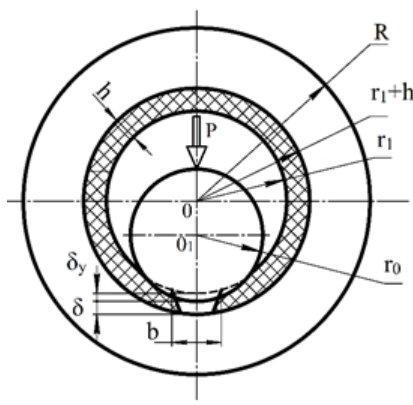


Рис. 1. Расчетная схема трибоконтакта

Переход к безразмерным величинам осуществим следующими соотношениями:

$$r' = r_1 - \delta r, \quad \delta = r_1 - r_0, \quad v_{\theta_i} = \Omega r_0 v_i, \quad v_r = \Omega \delta u_i, \\ p' = p^* p, \quad p^* = \frac{\mu \Omega r_0^2}{\delta^2}, \quad \mu' = \mu, \quad \alpha' = \frac{\alpha}{p^*}. \quad (4)$$

Применим известный метод – метод точного решения [18]:

$$\rho v_i = \frac{\partial \Psi_i}{\partial r} + V_i(r, \theta), \quad \rho u_i = -\frac{\partial \Psi_i}{\partial \theta} + U_i(r, \theta), \\ \Psi_i(r, \theta) = \tilde{\Psi}(\xi_i), \quad U_i(r, \theta) = -p \tilde{u}_i(\xi_i) h'(\theta), \\ V_i(r, \theta) = p \tilde{v}_i(\xi_i), \\ \xi_2 = \frac{r}{h(\theta)} \quad \text{при } \theta_1 \leq \theta \leq \theta_2, \\ \xi_{1,3} = \frac{r - \eta_2}{h(\theta) - \eta_2} \quad \text{при } 0 \leq \theta \leq \theta_1 \quad \text{и} \quad \theta_2 \leq \theta \leq 2\pi, \quad (5)$$

где $h(\theta) = 1 - \eta \cos \theta - \eta_1 \sin \omega \theta$.

В результате уравнение (2) примет вид:

$$\begin{aligned}\tilde{\Psi}_i'''(\xi_i) &= a_i, \quad \tilde{v}_i''(\xi_i) = b_i, \\ u_i'(\xi_i) + \frac{h(\theta)}{h'(\theta)} \cdot \frac{1}{p} \frac{dp}{d\theta} - \xi_i v_i'(\xi_i) &= 0, \\ \frac{p}{\Lambda} \frac{dp_i}{d\theta} &= \frac{b_i p}{(h(\theta) - \eta_2)^2} + \frac{a_i}{(h(\theta) - \eta_2)^3}, \quad i = 1, 3, \\ \frac{p}{\Lambda} \frac{dp_2}{d\theta} &= \frac{b_2 p}{h^2(\theta)} + \frac{a_2}{h^3(\theta)}.\end{aligned}\quad (6)$$

Систему уравнений (6) решаем при следующих граничных условиях:

$$\begin{aligned}\tilde{\Psi}_i'(0) &= 0, \quad \tilde{u}_i'(1) = -\eta \sin \theta, \\ \tilde{v}_i'(1) &= 0, \quad \tilde{u}_i'(0) = 0, \quad \tilde{v}_i'(0) = 1, \\ \int_0^1 \tilde{v}_i(\xi_i) d\xi_i &= 0, \\ p(\theta) &= p(\theta_1) = p(\theta_2) = p(2\pi) = 1.\end{aligned}\quad (7)$$

Интегрируя (6)–(7), имеем:

$$\begin{aligned}\tilde{\Psi}_i'(\xi_i) &= a_i \frac{\xi_i}{2} (\xi_i - 1), \quad \tilde{v}_i'(\xi_i) = b_i \frac{\xi_i^2}{2} - \left(1 + \frac{b_i}{2}\right) \xi_i + 1, \quad b_i = 6. \\ p_i &= \Lambda \left[\frac{b_i}{(h(\theta) - \eta_2)^2} + \frac{a_i}{p} \cdot \frac{1}{(h(\theta) - \eta_2)^3} \right] + 1, \quad i = 1, 3, \\ p_2 &= \Lambda \left[\frac{b_2}{h^2(\theta)} + \frac{a_2}{p} \cdot \frac{1}{h^3(\theta)} \right] + 1.\end{aligned}\quad (8)$$

Решая уравнения (8) для гидродинамического давления методом последовательных приближений, в результате для первых приближений получим:

$$\begin{aligned}p_{11} &= 1, \quad p_{21} = 1, \quad p_{31} = 1. \\ p_{12} &= 6 \left(-\tilde{\eta} \sin \theta + \frac{\tilde{\eta}_1}{\omega} (\cos \omega \theta - 1) + \frac{1}{p} \frac{\tilde{\eta}_1 \theta}{2\pi \omega} (\cos 2\pi \omega - 1) \right); \\ p_{22} &= 6 \left[(\theta - \theta_1) \left(\frac{\theta_1^2}{4\pi^2} - \left(1 - \frac{5\theta_1}{2\pi}\right) \left(\frac{\eta_1}{2\pi \omega} (\cos 2\pi \omega - \cos \omega \theta_1) + \frac{\eta}{2\pi} \sin \theta_2 \right) \right) + \frac{1}{p} \left(1 - \frac{3\theta_1^2}{4\pi^2}\right) \times \right. \\ &\quad \left. \times \left(\frac{\eta_1}{\omega} (\cos \omega \theta - \cos \omega \theta_1) - \eta (\sin \theta - \sin \theta_1) \right) \right]; \\ p_{32} &= 6\Lambda \left[\left((\theta - \theta_2) \left(\frac{\theta_1^2}{4\pi^2} - \left(1 - \frac{5\theta_2}{2\pi}\right) \left(\frac{\tilde{\eta}_1}{2\pi \omega} (\cos 2\pi \omega - \cos \omega \theta_2) + \frac{\tilde{\eta}}{2\pi} \sin \theta_2 \right) \right) \right) + \right.\end{aligned}$$

$$+ \frac{1}{p} \left(1 - \frac{3\theta_1^2}{4\pi^2} \right) \left(\frac{\tilde{\eta}_1}{\omega} (\cos \omega\theta - \cos \omega\theta_2) - \tilde{\eta} (\sin \theta - \sin \theta_2) \right) \Bigg]. \quad (9)$$

Проверочные расчеты полученной теоретической модели проведены с использованием параметров в следующих диапазонах их численных значений $\Lambda = 0,1-0,9$; $r = 20$ мм; $V = 0,3$ м/с; $\sigma = 10-50$ МПа; $\mu_0 = 0,024987-0,0067$ Н·с/м². Результаты численного анализа полученных расчетных моделей приведены в виде графика (рис. 2).

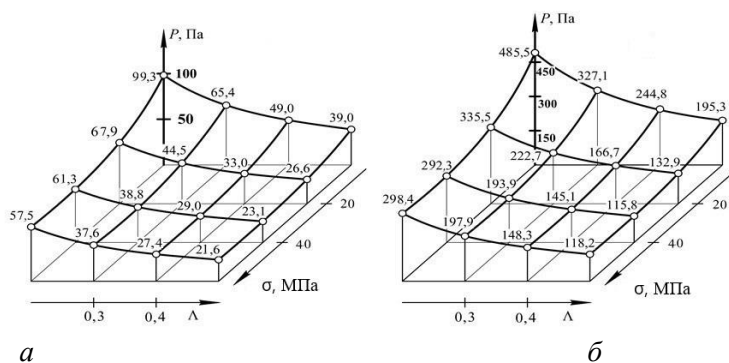


Рис. 2. Влияние сжимаемости и нагрузки $\sigma = 10-50$ МПа на вертикальные составляющие:
а – при $V = 0,3$ м/с; б – при $V = 1$ м/с

Результаты исследования

В результате теоретического исследования уточнена несущая способность радиального подшипника скольжения с адаптированным к условиям трения профилем опорной поверхности при учете сжимаемости на 6–8 %, а коэффициент трения – на 5–7 % в диапазоне исследований режимов (см. таблицу).

Результаты теоретического исследования

№ п/п	σ , МПа	Λ , параметр сжимаемости				
		0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
		Коэффициент трения				
1	10	0,008190	0,0096130	0,008500	0,0053000	0,00163000
2	20	0,004890	0,0040910	0,005053	0,0033850	0,00099350
3	30	0,090893	0,0020907	0,001606	0,0019705	0,00035700
4	40	0,090595	0,0013906	0,001504	0,0014136	0,00033793
5	50	0,090497	0,0007905	0,001321	0,0004570	0,00031887

Выводы

1 В результате исследований получена новая математическая модель для инженерных расчетов, позволяющих определить величину основных триботехнических параметров (сила трения, нагрузочная способность, гидродинамическое давление).

2 Расчетные модели учитывают применение дополнительного смазывания полимерным покрытием и канавку на поверхности подшипниковой втулки, сжимаемость смазочного материала, а также нестандартный опорный профиль.

3 Применение исследованных радикальных подшипников скольжения значительно увеличивает несущую способность (на 6–8 %), а коэффициент трения снижается на 5–7 %.

Условные обозначения

v_{θ_1}, v_{r_1} – компоненты вектора скорости смазочной среды; r_0 – радиус вала; r_1 – радиус подшипниковой втулки; \tilde{h} – высота канавки; e – эксцентриситет; ε – относительный эксцентриситет; $\eta = \frac{e}{\delta}$ – конструктивный параметр подшипника со стандартным опорным профилем; $\eta_1 = \frac{a'}{\delta}$ – конструктивный параметр подшипника с адаптированным профилем; $\eta_2 = \frac{\tilde{h}}{\delta}$ – конструктивный

параметр, характеризующий канавку; p_g – давление на торцах интервала; θ_1 и θ_2 – соответственно угловые координаты канавки; $u^*(\theta)$ и $v^*(\theta)$ – известные функции, обусловленные наличием полимерного покрытия на поверхности подшипниковой втулки; μ' – коэффициент динамической вязкости; p' – гидродинамическое давление в смазочном слое; ω – параметр, характеризующий адаптированный профиль; $\tilde{h}(\theta)$ – толщина полимерного покрытия; $h(\theta)$ – толщина смазочного слоя; Λ – параметр сжимаемости.

Список литературы

- 1 **Кохановский, В. А.** Фторопластсодержащие композиционные покрытия в смазочных средах / В. А. Кохановский, Э. А. Камерова // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2014. – № 1. – С. 34–37. – ISSN 1819-2092.
- 2 **Кохановский, В. А.** Трение полимерных покрытий в жидких смазочных средах / В. А. Кохановский, Э. А. Камерова // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2014. – № 4. – С. 17–20. – ISSN 1819-2092.
- 3 Методика исследования влияния жидких сред на фторопластсодержащие антифрикционные покрытия / Э. А. Камерова, И. Б. Власенко, Н. Г. Снежина, П. А. Оганесян // Уральский научный вестник. – 2014. – № 21 (100). – С. 137–142. – ISSN 1561-6908.
- 4 Применение антифрикционных полимерных композиционных полимерных покрытий в торозной рычажной передаче локомотивов / П. Г. Иваночкин, И. В. Больших, Т. З. Талахадзе, Е. П. Больших // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 1 (85). – С. 16–22. – DOI 10.46973/0201-727X_2022_1_16.
- 5 Study on the effect of the sealers on the steel surface layer modified by electrical discharge machining / P. G. Ivanochkin, D. S. Manturov, K. I. Karpenko [et al.] // Solid State Phenomena. – 2021. – Vol. 316. – P. 713–719.
- 6 Study of physical, mechanical and tribological properties of nanocomposites based on oil-filled polymers / P. G. Ivanochkin, S. A. Danilchenko, E. S. Novikov, D. S. Manturov // Springer Proceedings in Physics. Advanced Materials – Proceedings of the International Conference on “Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications”, PHENMA 2017. – 2018. – P. 469–478. – DOI 10.1007/978-3-319-78919-4_36.
- 7 Комплексное исследование полимерных композитов с матрицей на основе фенилона C-2 / П. Г. Иваночкин, Т. В. Суворова, С. А. Данильченко [и др.] // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 4 (72). – С. 18–25. – ISSN 0201-727X.
- 8 **Павлычева, Е. А.** Разработка полимерной композиции для получения защитного покры-

References

- 1 **Kohanovsky, V. A.** Fluoroplast-containing composite coatings in lubricating media / V. A. Kohanovsky, E. A. Kamerova // Friction and lubrication in machines and mechanisms. – 2014. – No. 1. – P. 34–37. – ISSN 1819-2092.
- 2 **Kohanovsky, V. A.** Friction of polymer coatings in liquid lubricants / V. A. Kohanovsky, E. A. Kamerova // Friction and lubrication in machines and mechanisms. – 2014. – No. 4. – P. 17–20. – ISSN 1819-2092.
- 3 Methodology for studying the effect of liquid media on fluoroplast-containing antifriction coatings / E. A. Komarova, I. B. Vlasenko, N. G. Snezhina, P. A. Oganesyanyan // Ural Scientific Bulletin. – 2014. – No. 21 (100). – P. 137–142. – ISSN 1561-6908.
- 4 Application of antifriction polymer composite polymer coatings in the brake lever transmission of locomotives / P. G. Ivanochkin, I. V. Bolshykh, T. Z. Talakhadze, E. P. Bolshykh // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2022. – No. 1 (85). – P. 16–22. – DOI 10.46973/0201-727X_2022_1_16.
- 5 Study on the effect of the sealers on the steel surface layer modified by electrical discharge machining / P. G. Ivanochkin, D. S. Manturov, K. I. Karpenko [et al.] // Solid State Phenomena. – 2021. – Vol. 316. – P. 713–719.
- 6 Study of physical, mechanical and tribological properties of nanocomposites based on oil-filled polymers / P. G. Ivanochkin, S. A. Danilchenko, E. S. Novikov, D. S. Manturov // Springer Proceedings in Physics. Advanced Materials – Proceedings of the International Conference on “Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications”, PHENMA 2017. – 2018. – P. 469–478. – DOI 10.1007/978-3-319-78919-4_36.
- 7 A comprehensive study of polymer composites with a matrix based on phenylene C-2 / P. G. Ivanochkin, T. V. Suvorova, S. A. Danilchenko [et al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2018. – No. 4 (72). – P. 18–25. – ISSN 0201-727X.
- 8 **Pavlycheva, E. A.** Development of a polymer composition for obtaining a protective coating on metal surfaces / E. A. Pavlycheva // International

тия на металлических поверхностях / Е. А. Павлычева // Международный журнал прикладной и фундаментальных исследований. – 2022. – № 2. – С. 33–36. – DOI 10.17513/mjpf.13355.

9 Исследование вязкоупругих и адгезионно-прочностных свойств и разработка эффективных вибропоглощающих композиционных полимерных материалов и покрытий машиностроительного назначения / С. С. Негматов, Н. С. Абед, Р. Х. Саидахмедов [и др.] // Пластические массы. – 2020. – № 7–8. – С. 32–36. – DOI 10.35164/0554-2901-2020-7-8-32-36.

10 Analysis of factors affecting the strength of fixed bonds assembled using metal-polymer compositions / V. E. Zinoviev, P. V. Kharlamov, N. V. Zinoviev, R. A. Kornienko // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 900 (1), No. 012009. – DOI 10.1088/1757-899X/900/1/012009.

11 Полимерные композиционные материалы конструкционного назначения с функциональными свойствами / С. В. Кондрашов, К. А. Шашкеев, Г. Н. Петрова, И. В. Мекалина // Авиационные материалы и технологии. – 2017. – № 5. – С. 405–419. – DOI 10.18577/2071-9140-2017-0-S-405-419.

12 **Кузнецов, А. А.** Конструкционные термопласты как основа для самосмазывающихся полимерных композиционных материалов антифрикционного назначения / А. А. Кузнецов, Г. К. Семенова, Е. А. Свидченко // Вопросы материаловедения. – 2009. – № 1 (57). – С. 116–126. – ISSN 1994-6716.

13 Experimental and theoretical investigation on the hydrochromic property of Ni(II)-containing coordination polymer with an inclined 2D→3D polycatenation architecture / S.-Z. Wen, S.-D. Zhong, W.-Q. Kan [et al.] // Journal of Molecular Structure. – 2022. – Vol. 1269, No. 133753. – DOI 10.1016/j.molstruc.2022.133753.

14 Interconnected MXene/Graphene network constructed by soft template for multi-performance improvement of polymer composites / L. Jin, W. Cao, P. Wang [et al.] // Nano-Micro Letters. – 2022. – Vol. 14 (1), No. 133. – DOI 10.1007/s40820-022-00877-7.

15 **Robertson, B. P.** Evaporation-controlled dripping-onto-substrate (DoS) extensional rheology of viscoelastic polymer solutions / B. P. Robertson, M. A. Calabrese // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12 (1). – No. 4697. – ISSN 2045-2322 (online).

16 Modeling the mechanical characteristics of tribotechnical composites / T. V. Suvorova, O. A. Belyak, P. G. Ivanochkin, S. A. Danilchenko // IOP Conference Series : Materials Science and

Journal of Applied and Fundamental Research. – 2022. – No. 2. – P. 33–36. – DOI 10.17513/mjpf.13355.

9 Research of viscoelastic and adhesive-strength properties and development of effective vibration-absorbing composite polymer materials and coatings for machine-building purposes] / S. S. Negmatov, N. S. Abed, R. H. Saidakhmedov [et al.] // Plastic masses. – 2020. – No. 7–8. – P. 32–36. – DOI 10.35164/0554-2901-2020-7-8-32-36.

10 Analysis of factors affecting the strength of fixed bonds assembled using metal-polymer compositions / V. E. Zinoviev, P. V. Kharlamov, N. V. Zinoviev, R. A. Kornienko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 900 (1), No. 012009. – DOI 10.1088/1757-899X/900/1/012009.

11 Polymer composite materials of structural purpose with functional properties / S. V. Kondrashov, K. A. Shashkeev, G. N. Petrova, I. V. Mekalina // Aviation materials and technologies. – 2017. – No. 5. – P. 405–419. – DOI 10.18577/2071-9140-2017-0-S-405-419.

12 **Kuznetsov, A. A.** Structural thermoplastics as a basis for self-lubricating polymer composite materials of antifriction purpose / A. A. Kuznetsov, G. K. Semenova, E. A. Svidchenko // Voprosy materialovedeniya. – 2009. – No. 1 (57). – P. 116–126. – ISSN 1994-6716.

13 Experimental and theoretical investigation on the hydrochromic property of Ni(II)-containing coordination polymer with an inclined 2D→3D polycatenation architecture / S.-Z. Wen, S.-D. Zhong, W.-Q. Kan [et al.] // Journal of Molecular Structure. – 2022. – Vol. 1269, No. 133753. – DOI 10.1016/j.molstruc.2022.133753.

14 Interconnected MXene/Graphene network constructed by soft template for multi-performance improvement of polymer composites / L. Jin, W. Cao, P. Wang [et al.] // Nano-Micro Letters. – 2022. – Vol. 14 (1), No. 133. – DOI 10.1007/s40820-022-00877-7.

15 **Robertson, B. P.** Evaporation-controlled dripping-onto-substrate (DoS) extensional rheology of viscoelastic polymer solutions / B. P. Robertson, M. A. Calabrese // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12 (1). – No. 4697. – ISSN 2045-2322 (online).

16 Modeling the mechanical characteristics of tribotechnical composites / T. V. Suvorova, O. A. Belyak, P. G. Ivanochkin, S. A. Danilchenko // IOP Conference Series : Materials Science and

Engineering. XV International Scientific-Technical Conference. – 2019. – P. 012018.

17 Повышение износостойкости радиального подшипника с нестандартным опорным профилем и полимерным покрытием / В. И. Киришчиева, И. А. Колобов, М. А. Мукутадзе, В. Е. Шведова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 3 (87). – С. 18–25. – DOI 10.46973/0201-727X_2022_3_18.

18 Расчетная модель радиального подшипника с нестандартным опорным профилем / В. Н. Багрова, В. В. Василенко, В. И. Киришчиева, М. А. Мукутадзе // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 2 (82). – С. 17–24. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_2_17.

Engineering. XV International Scientific-Technical Conference. – 2019. – P. 012018.

17 Improving the wear resistance of a radial bearing with a non-standard support profile and a polymer coating / V. I. Kirishchieva, I. A. Kolobov, M. A. Mukutadze, V. E. Shvedova // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2022. – No. 3 (87). – P. 18–25. – DOI 10.46973/0201-727X_2022_3_18.

18 Calculation model of a radial bearing with a non-standard support profile / V. N. Bagrova, V. V. Vasilenko, V. I. Kirishchieva, M. A. Mukutadze // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2021. – No. 2 (82). – P. 17–24. – DOI 10.46973/0201-727X_2021_2_17.

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

DEVELOPMENT OF A NEW MATHEMATICAL METHOD FOR SIMULATING THE MOVEMENT OF LUBRICANT IN THE WORKING CLEARANCE OF A RADIAL BEARING WITH A NON-STANDARD SUPPORT PROFILE

Abstract. The paper is devoted to the study of a new mathematical method for simulating the movement of a truly viscous lubricant in the working clearance of a modified design of a radial sliding bearing.

To assess the wear resistance of the specified structure, the developed new mathematical method takes into account a polymer coating with an axial groove, a non-standard support profile and the compressibility of the lubricant.

The new mathematical models obtained allow us to estimate the duration of the hydrodynamic lubrication regime, to make a calculated assessment of the effect of a polymer coating with an axial groove, taking into account the compressibility of the lubricant and a non-standard support profile on the main performance characteristics of sliding bearings: hydrodynamic pressure, load capacity and friction force.

Keywords: mathematical method, modeling, compressibility, modified construction, coating, impact assessment.

For citation: Development of a new mathematical method for simulating the movement of lubricant in the working clearance of a radial bearing with a non-standard support profile / G. A. Badakhov, E. A. Bolgova, M. A. Mukutadze [et al.] // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putey Soobshcheniya. – 2024. – No. 2. – P. 34–41. – DOI 10.46973/0201-727X_2024_2_34.

Сведения об авторах

Бадахов Григорий Андреевич

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Высшая математика»,
аспирант,
e-mail: 77grigo77@mail.ru

Болгова Екатерина Александровна

Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Высшая математика»,
аспирант,
e-mail: bolgova_katya6@mail.ru

Information about the authors

Badakhov Grigory Andreevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Higher Mathematics»,
Postgraduate Student,
e-mail: 77grigo77@mail.ru

Bolgova Ekaterina Alexandrovna

Rostov State Transport University (RSTU),
Department of Higher Mathematics,
Postgraduate,
e-mail: bolgova_katya6@mail.ru

Мукутадзе Мурман Александрович

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Высшая математика»,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой,
e-mail: murman1963@yandex.ru

Чуб Елена Григорьевна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Высшая математика»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: elenachub111@gmail.com

Шведова Валентина Евгеньевна

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Высшая математика»,
аспирант,
e-mail: shvedovavalya@yandex.ru

Mukutadze Murman Alexandrovich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Higher Mathematics»,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the Department,
e-mail: murman1963@yandex.ru

Chub Elena Grigorievna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Higher Mathematics»,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: elenachub111@gmail.com

Shvedova Valentina Evgenievna

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Higher Mathematics»,
Postgraduate Student,
e-mail: shvedovavalya@yandex.ru