

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ КЛИНОВИДНЫХ ОПОР СКОЛЬЖЕНИЯ С МОДИФИЦИРОВАННЫМ ОПОРНЫМ ПРОФИЛЕМ

Мукутадзе А.М.

*Ростовский государственный университет путей сообщения,
Ростов-на-Дону, Россия*

Ключевые слова: металлическое покрытие, неполное заполнение, клиновидная опора скольжения, несущая способность, сила трения.

Аннотация. В работе разработана математическая расчетная модель и экспериментально подтверждена эффективность разработанной модели за счет применения в качестве смазочного материала жидкого смазочного материала и расплава металлического покрытия обладающих ферромагнитными реологическими свойствами, позволяющими повысить износостойкость трибосистемы при неполном заполнении рабочего зазора (предаврийное состояние).

INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF WEDGE-SHAPED SLIDING SUPPORTS WITH A MODIFIED SUPPORT PROFILE

Mukutadze A.M.

Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: metal coating, incomplete filling, wedge-shaped sliding support, bearing capacity, friction force.

Abstract. A mathematical calculation model has been developed and the effectiveness of the developed model has been experimentally confirmed due to the use of a liquid lubricant and a metal coating melt as a lubricant with ferromagnetic rheological properties that allow increasing the wear resistance of the tribosystem when the working gap is not fully filled (pre-emergency condition).

Введение

Разработке моделей повышающих износостойкость подшипников скольжения, работающих на неньютоновских смазочных материалах, посвящено множество работ [1-10]. Исследованию подшипников скольжения с металлическим покрытием на подвижных и неподвижных контактных поверхностях посвящено достаточное количество работ [11-24]. Однако процесс смазывания на расплавах покрытий не является самоподдерживающимся процессом. Для обеспечения продолжительности безаварийной работы при неполном заполнении рабочего зазора, возникающей в случаях, когда невозможно обеспечить подачу смазочного материала или утечки – возникает необходимость модифицировать конструкцию опорной поверхности подшипниковой втулки.

Настоящая работа посвящена разработке расчетной модели клиновидной опоры скольжения при неполном заполнении рабочего зазора (работа подшипника в предаварийном состоянии) с металлическим покрытием поверхности опорного кольца и модифицированной опорой поверхностью ползуна с учетом реологических свойств применяемых смазочных материалов и расплава покрытия обладающими ферромагнитными реологическими свойствами.

Постановка задачи

Рассмотрим ламинарное течение несжимаемой ферромагнитной жидкости в рабочем зазоре клиновидной опоры скольжения с модифицированным опорным профилем ползуна и металлическим покрытием поверхности опорного кольца. Опорное кольцо с покрытием перемещается со скоростью u^* (рис. 1).

При этом уравнение контуров: наклонного ползуна; расплавленного профиля покрытия; модифицированного – адаптированного профиля опорной поверхности – запишем в виде:

$$\begin{aligned} y' &= h_0 + x'tg\alpha = h_1(x'), \\ y' &= -\lambda'f'(x'), \quad y' = h_0 + x'tg\alpha - a' \sin \omega'x' = h(x'). \end{aligned} \quad (1)$$

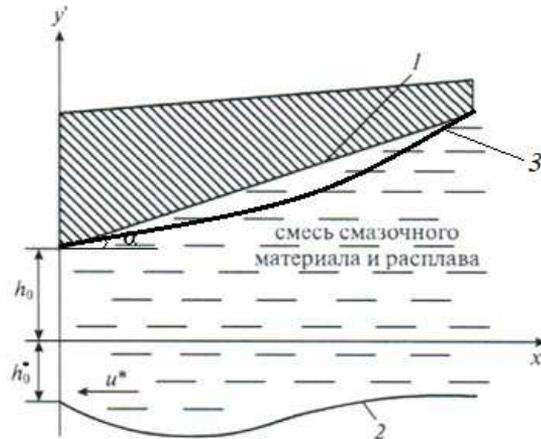


Рис. 1. Рабочая схема: 1 – контур наклонного ползуна (пяты); 2 – контур расплавленного подпятника; 3 – контур нестандартного опорного профиля

Для уточнения расчетов с учетом выше указанных факторов обеспечивающих повышение износостойкости – используем общеизвестные безразмерные уравнения движения жидкости для «тонкого слоя», уравнение неразрывности и уравнение описывающее профиль расплавленного контура покрытия с соответствующими граничными условиями:

$$\frac{\partial p}{\partial y} = 0; \quad \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} = \frac{dp}{dx} + Nv - A; \quad \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} = 0; \quad \frac{d\Phi(x)}{dx} = -K \int_{-\Phi(x)}^{h(x)} \left(\frac{\partial v_0}{\partial y} \right)^2 dy, \quad (2)$$

$$v = 0, \quad u = 0 \quad \text{при} \quad y = 1 + \eta x - \eta_1 \sin \omega x = h(x);$$

$$v = -1, \quad u = 0 \quad \text{при} \quad y = -\Phi(x); \quad p(x_1) = p(x_2) = 0; \quad (3)$$

Для решения используем известный асимптотический метод разложения по параметру (κ) обусловленного расплавом покрытия, в результате чего получим систему дифференциальных без учета расплава покрытия и с учетом расплава покрытия соответствующим граничным условиям.

Для нулевого приближения

$$\frac{\partial^2 v_0}{\partial y^2} = \frac{dp_0}{dx} - N - A, \quad \frac{\partial v_0}{\partial x} + \frac{\partial u_0}{\partial y} = 0;$$

$$v_0 = 0, \quad u_0 = 0 \text{ при } y = 1 + \eta x - \eta_1 \sin \omega x;$$

$$v_0 = -1, \quad u_0 = 0 \text{ при } y = -\Phi(x); p_0(x_1) = p_0(x_2) = 0; \quad (4)$$

Для первого приближения

$$\frac{\partial^2 v_1}{\partial y^2} = \frac{dp_1}{dx}; \quad \frac{\partial v_1}{\partial x} + \frac{\partial u_1}{\partial y} = 0; \quad -\frac{d\Phi_1(x)}{dx} = K \int_{-\Phi(x)}^{h(x)} \left(\frac{\partial v_0}{\partial y} \right)^2 dy;$$

$$v_1 = \left(\frac{\partial v_0}{\partial y} \right) \Big|_{y=0} \cdot \Phi_1(x); \quad u_1 = \left(\frac{\partial u_0}{\partial y} \right) \Big|_{y=0} \cdot \Phi_1(x);$$

$$v_1 = 0, \quad u_1 = 0 \text{ при } y = 1 + \eta x - \eta_1 \sin \omega x;$$

$$p_1(x_1) = p_1(x_2) = 0; \quad \Phi_1(0) = h_0^*. \quad (5)$$

Для нахождения поля скоростей и давлений в смазочном слое используем известный метод точного автомодельного решения для нулевого и первого движений. В результате получим.

Для нулевого приближения

$$\tilde{\psi}'_0(\xi) = \frac{\tilde{C}_2}{2}(\xi^2 - \xi), \quad \tilde{v}_0(\xi) = \tilde{C}_1 \frac{\xi^2}{2} + \left(1 - \frac{\tilde{C}_1}{2}\right)\xi + 1, \quad \tilde{C}_1 = 6.$$

$$p_0 = (x - x_1) \left[6 \left(\frac{\eta}{2}(x - x_2) + \frac{\eta_1}{\omega(x - x_1)}(\cos \omega x - \cos \omega x_1) - \right. \right. \quad (6)$$

$$\left. \left. - \frac{\eta_1}{\omega(x_2 - x_1)}(\cos \omega x_2 - \cos \omega x_1) \right) + (N + A) \left(\frac{3}{2}\eta(x - x_2) + \right. \right.$$

$$\left. \left. + \frac{3\eta_1}{\omega(x - x_1)}(\cos \omega x - \cos \omega x_1) - \frac{3\eta_1}{\omega(x - x_1)}(\cos \omega x_2 - \cos \omega x_1) \right) \right].$$

Для первого приближения

$$\tilde{\psi}'_1(\xi) = \frac{\tilde{C}_2}{2}(\xi^2 - \xi), \quad \tilde{v}_1(\xi) = \tilde{C}_1 \frac{\xi^2}{2} + \left(1 - \frac{\tilde{C}_1}{2}\right)\xi - 1, \quad \tilde{C}_1 = 6M.$$

$$p_1 = \frac{6M(x_2 - x)}{(1 + \tilde{\Phi})^2} \left(\frac{\tilde{\eta}}{2}(x - x_1) + \frac{\tilde{\eta}_1}{\omega(x_2 - x)}(\cos \omega x_2 - \cos \omega x) + \frac{\tilde{\eta}_1}{\omega(x_2 - x_1)}(\cos \omega x_2 - \cos \omega x_1) \right). \quad (7)$$

Для нахождения функции характеризующей контур расплавленного покрытия используем формулу:

$$\frac{d\Phi_1(x)}{dx} = h(x) \int_0^1 \left(\frac{\psi''_0(\xi)}{h^2(x)} + \frac{\tilde{v}'_0(\xi)}{h(x)} \right)^2 d\xi. \quad (8)$$

В результате интегрирования получим выражение характеризующее профиль расплавленного контур опорного кольца:

$$\Phi_1(x) = x - \frac{\eta}{2} x^2 - \frac{\eta_1}{\omega} \cos \omega x + h_0^*; \quad (9)$$

Для определения основных рабочих характеристик, позволяющих судить об увеличении ресурса с учетом новых факторов, находим по формуле:

$$W = p^* L \int_{x_1}^{x_2} (p_0 + K p_1) dx; \quad L_{тр} = \mu \int_{x_1}^{x_2} \left[\left. \frac{\partial v_0}{\partial y} \right|_{y=0} + K \left. \frac{\partial v_1}{\partial y} \right|_{y=0} \right] dx. \quad (10)$$

Заключительным этапом теоретических исследований является численный метод. Анализ его результатов показал, что нагрузочная способность модифицированных опор скольжения может быть повышена, в диапазоне нагрузочно-скоростных режимов, на 9-11%, при этом коэффициент трения снижается на 11-14%.

Экспериментальное исследование проводилось с целью верификации и подтверждения эффективности полученных моделей, результат которого приведен в таблице 1.

Табл. 1. Результаты теоретических и экспериментальных исследований

№	Теоретический результат			Экспериментальный результат	
	Без покрытия	С покрытием	С покрытием и адаптированным профилем	С покрытием из сплава Вуда и адаптированным профилем	
Коэффициент трения	1	0,0058	0,0029	0,0014	0,0021
	2	0,0059	0,0031	0,0018	0,0022
	3	0,0062	0,0032	0,0017	0,0020
	4	0,0060	0,0033	0,0021	0,0023
	5	0,0057	0,0034	0,0020	0,0021

Заключение

Разработаны новые расчетные модели для инженерных расчетов основных рабочих характеристик обусловленных повышением износостойкости трибологической системы с учетом новых факторов: реологические свойства применяемого смазочного материала и расплава покрытия, обладающие ферромагнитными реологическими свойствами; неполное заполнение рабочего зазора, адаптированного к условиям трения опорного профиля.

Условные обозначения

α – угол между наклонным ползуном и осью Ox ; h_0 – толщина смазочного слоя в начальном сечении; a' и ω' – амплитуда возмущения и параметр нестандартного опорного профиля ползуна соответственно; h_0^* – толщина покрытия расплава, $\lambda'f'(x')$ – функция, определяющая профиль расплавленного контура покрытия; $K = \frac{2\mu_i^* L}{h_0^* L'}$ – обобщенный тепловой

параметр; $N = \frac{\sigma B h_0^2}{\mu}$ – число Гартмана; $A = \frac{\sigma B E h_0^2}{\mu u^*}$ – величина, обусловленная наличием электромагнитного поля, $\Phi(x)$ – функция, определяющая расплавленный контур направляющей.

Список литературы

1. Mukutadze M.A., Lagunova E.O., Solop K.S. Working out of an analytical model of an axial bearing taking into account dependence of viscous characteristics of micropolar lubrication on pressure and temperature // International Journal of Applied Engineering Research. 2017. Vol. 12. No. 14. P. 4644-4650.
2. Ахвердиев К.С., Мукутадзе М.А., Лагунова Е.О., Солоп К.С. Расчетная модель радиального подшипника скольжения с повышенной несущей способностью, работающего на микрополярной смазке с учетом ее вязкостных характеристик от давления // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4 (27). С. 22.
3. Ахвердиев К.С., Мукутадзе М.А., Лагунова Е.О., Солоп К.С. Расчетная модель упорного подшипника скольжения с повышенной несущей способностью, работающего на неньютоновских смазочных материалах с адаптированной опорной поверхностью // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4 (27). С. 23.
4. Мукутадзе М.А., Флек Б.М., Задорожная Н.С., Поляков Е.В., Мукутадзе А.М. Расчетная модель гидродинамической смазки неоднородного пористого подшипника конечной длины, работающего в устойчивом нестационарном режиме трения при наличии принудительной подачи смазки // Инженерный вестник Дона. 2013. № 3 (26). С. 9.
5. Akhverdiev K.S., Mukutadze M.A., Semenko I.S. Hydrodynamic calculation of a thrust plain bearing that operates with viscoelastic lubricant under turbulent friction conditions // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2011. Vol. 40. No. 4. P. 359-365
6. Ахвердиев К.С.О., Эркенов А.Ч., Александрова Е.Е., Мукутадзе М.А. Стратифицированное течение трехслойной смазки в зазоре упорного подшипника, обладающего повышенной несущей способностью // Трибология и надежность. Сбор. научн. трудов X Международной конференции. СПб.: СПбГУПС, 2010. С. 15-24.
7. Ахвердиев К.С., Александрова Е.В., Кручинина Е.Е., Мукутадзе М.А. Стратифицированное течение двухслойной смазки в зазоре упорного подшипника, обладающего повышенной несущей способностью // Вестник ДГТУ. 2010. Т.10. № 2 (45). С. 217-223.
8. Ахвердиев К.С.О., Мукутадзе М.А., Замшин В.А., Семенко И.С. Гидродинамический расчет радиального подшипника скольжения, работающего в турбулентном режиме трения при неполном заполнении зазора вязкоупругой смазкой // Вестник машиностроения. 2009. №7. С.11-17.

9. Ахвердиев К.С., Лагунова Е.О., Мукутадзе М.А. Гидродинамический расчет радиального подшипника при наличии электромагнитного поля с учетом зависимости вязкости и электропроводимости от температуры // Вестник ДГТУ. 2009. Т.9. № 3 (42). С. 529-536
10. Ахвердиев К.С., Вовк А.Ю., Мукутадзе М.А., Савенкова М.А. Математическая модель гидродинамической смазки бесконечно широких опор, работающих в турбулентном режиме на микрополярной смазке // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2007. № 9. С. 12-15
11. Мукутадзе М.А. Разработка системы расчетных моделей подшипников скольжения на основе развития гидродинамической и реодинамической теории смазки: Автореферат дисс. ... докт. техн. наук. Ростов-на-Дону: РГУПС, 2015.
12. Ахвердиев К.С., Мукутадзе М.А., Вовк А.Ю., Семенко И.С. Гидродинамический расчет радиального подшипника, работающего в нестационарном режиме на вязкопластичной смазке, обладающей микрополярными свойствами // Вестник РГУПС. 2008. № 4 (32). С. 131-138.
13. Ахвердиев К.С., Мукутадзе М.А., Савенкова М.А., Вовк А.Ю. Математическая модель гидродинамической смазки радиального подшипника, работающего в нестационарном режиме на микрополярной смазке // Вестник РГУПС. 2008. № 1 (29). С. 147-150.
14. Мукутадзе М.А., Хасьянова Д.У., Мукутадзе А.М. Гидродинамическая модель клиновидной опоры скольжения с легкоплавким металлическим покрытием // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2020. № 4. С. 51-58.
15. Mukutadze M.A., Vasilenko V.V., Mukutadze A.M., Opatskikh A.N. Mathematical model of a plain bearer lubricated with molten metal // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering. 2019. P. 012021.
16. Mukutadze M.A., Mukutadze A.M., Vasilenko V.V. Simulation model of thrust bearing with a free-melting and porous coating of guide and slide surfaces // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. P. 012031.
17. Mukutadze M.A., Khasyanova D.U. Radial friction bearing with a fusible coating in the turbulent friction mode // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2019. Vol. 48. No. 5. P. 421-430.
18. Akhverdiev K.S., Lagunova E.O., Mukutadze M.A. Calculated model of wedge-shaped sliding supports taking into account rheological properties of viscoelastic lubricant // Advances in Engineering Research. Proceedings of the International Conference "Aviamechanical engineering and transport" (AVENT 2018). 2018. P. 246-253.
19. Mukutadze M.A., Khasyanova D.U. Optimization of the supporting surface of a slider bearing according to the load-carrying capacity taking into account the lubricant viscosity depending on pressure and temperature // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2018. Vol. 47. No. 4. P. 356-361.

20. Mukutadze M.A., Lagunova E.O., Vasilenko V.V. Development of the design model of a hydrodynamic lubricating material formed during melting of the axial bearing, in the presence of forced lubrication // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2018. Vol. 47. No. 3. P. 271-277.
21. Akhverdiev K.S., Bolgova E.A., Mukutadze M.A., Vasilenko V.V. Mathematical model of a radial sliding bearing with a porous layer on its operating surface with a low-melting metal coating on shaft surface // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2020. 2021. P. 012005.
22. Кохановский В.А., Мукутадзе М.А. Матричные материалы антифрикционных композитов // *Вестник ДГТУ*. 2001. Т. 1. № 2. С. 51-56.
23. Lagunova E.O., Mukutadze M.A. Calculation of a radial slider bearing with a fusible coating // *Journal of Friction and Wear*. 2019. Vol. 40. No. 1. P. 88-94.
24. Mukutadze M.A., Khasyanova D.U. Optimization of the supporting surface of a slider bearing according to the load-carrying capacity taking into account the lubricant viscosity depending on pressure and temperature // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2018. Vol. 47. No. 4. P. 356-361.

References

1. Mukutadze M.A., Lagunova E.O., Solop K.S. Working out of an analytical model of an axial bearing taking into account dependence of viscous characteristics of micropolar lubrication on pressure and temperature // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2017. Vol. 12. No. 14. P. 4644-4650.
2. Akhverdiev K.S., Mukutadze M.A., Lagunova E.O., Solop K.S. Calculation model of a radial sliding bearing with increased bearing capacity operating on a micropolar lubricant taking into account its viscosity characteristics from pressure // *Engineering Bulletin of the Don*. 2013. No. 4 (27). P. 22.
3. Akhverdiev K.S., Mukutadze M.A., Lagunova E.O., Solop K.S. Calculation model of a thrust sliding bearing with increased load-bearing capacity operating on non-Newtonian lubricants with an adapted bearing surface // *Engineering Bulletin of the Don*. 2013. No. 4 (27). P. 23.
4. Mukutadze M.A., Fleck B.M., Zadorozhnaya N.S., Polyakov E.V., Mukutadze A.M. Computational model of hydrodynamic lubrication of a nonuniform porous bearing of finite length operating in a stable unsteady friction mode in the presence of forced lubrication // *Engineering Bulletin of the Don*. 2013. No.3(26). P. 9.
5. Akhverdiev K.S., Mukutadze M.A., Semenko I.S. Hydrodynamic calculation of a thrust plain bearing that operates with viscoelastic lubricant under turbulent friction conditions // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2011. Vol. 40. No. 4. P. 359-365
6. Akhverdiev K.S.O., Erkenov A.Ch., Alexandrova E.E., Mukutadze M.A. Stratified flow of three-layer lubrication in the gap of a thrust bearing with

- increased bearing capacity // Tribology and reliability. Collection of scientific papers of the X International Conference. SPb: SPbGTU, 2010. P. 15-24.
7. Akhverdiev K.S., Alexandrova E.V., Kruchinina E.E., Mukutadze M.A. Stratified flow of two-layer lubricant in the gap of a thrust bearing with increased bearing capacity // Bulletin of the DSTU. 2010. Vol. 10. No. 2 (45). P. 217-223.
 8. Akhverdiev K.S.O., Mukutadze M.A., Shamshin V.A., Semenko I.S. Hydrodynamic calculation of a radial sliding bearing operating in turbulent friction mode with incomplete filling of the gap with viscoelastic lubricant // Bulletin of Mechanical Engineering. 2009. No. 7. P. 11-17.
 9. Akhverdiev K.S., Logunova E.O., Mukutadze M.A. Hydrodynamic calculation of a radial bearing in the presence of an electromagnetic field, taking into account the dependence of viscosity and electrical conductivity on temperature // Bulletin of the DSTU. 2009. Vol. 9. No. 3 (42). P. 529-536
 10. Akhverdiev K.S., Vovk A.Yu., Mukutadze M.A., Savenkova M.A. Mathematical model of hydrodynamic lubrication of infinitely wide supports operating in turbulent mode on micropolar lubrication // Friction and lubrication in machines and mechanisms. 2007. No. 9. P. 12-15.
 11. Mukutadze M.A. Development of a system of calculation models of sliding bearings based on the development of hydrodynamic and rheodynamic theory of lubrication: Abstract diss. ... doct. tech. sc. Rostov-on-Don: RSTU, 2015.
 12. Akhverdiev K.S., Mukutadze M.A., Vovk A.Yu., Semenko I.S. Hydrodynamic calculation of a radial bearing operating in a non-stationary mode on a viscoplastic lubricant with micropolar properties // Bulletin of the RSTU. 2008. No.4(32). P.131-138.
 13. Akhverdiev K.S., Mukutadze M.A., Savenkova M.A., Vovk A.Yu. A mathematical model of hydrodynamic lubrication of a radial bearing operating in a non-stationary mode on micropolar lubrication // Bulletin of the RSTU. 2008. No. 1 (29). P. 147-150.
 14. Mukutadze M.A., Khasyanova D.U., Mukutadze A.M. Hydrodynamic model of a wedge-shaped sliding support with a fusible metal coating // Problems of mechanical engineering and machine reliability. 2020. No. 4. P. 51-58.
 15. Mukutadze M.A., Vasilenko V.V., Mukutadze A.M., Opatskikh A.N. Mathematical model of a plain bearer lubricated with molten metal // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Innovations and Prospects of Development of Mining Machinery and Electrical Engineering. 2019. P. 012021.
 16. Mukutadze M.A., Mukutadze A.M., Vasilenko V.V. Simulation model of thrust bearing with a free-melting and porous coating of guide and slide surfaces // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. P. 012031.
 17. Mukutadze M.A., Khasyanova D.U. Radial friction bearing with a fusible coating in the turbulent friction mode // Journal of Machinery Manufacture and Reliability. 2019. Vol. 48. No. 5. P. 421-430.

18. Akhverdiev K.S., Lagunova E.O., Mukutadze M.A. Calculated model of wedge-shaped sliding supports taking into account rheological properties of viscoelastic lubricant // *Advances in Engineering Research. Proceedings of the International Conference "Aviamechanical engineering and transport" (AVENT 2018)*. 2018. P. 246-253.
19. Mukutadze M.A., Khasyanova D.U. Optimization of the supporting surface of a slider bearing according to the load-carrying capacity taking into account the lubricant viscosity depending on pressure and temperature // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2018. Vol. 47. No. 4. P. 356-361.
20. Mukutadze M.A., Lagunova E.O., Vasilenko V.V. Development of the design model of a hydrodynamic lubricating material formed during melting of the axial bearing, in the presence of forced lubrication // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2018. Vol. 47. No. 3. P. 271-277.
21. Akhverdiev K.S., Bolgova E.A., Mukutadze M.A., Vasilenko V.V. Mathematical model of a radial sliding bearing with a porous layer on its operating surface with a low-melting metal coating on shaft surface // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems, MEACS 2020*. 2021. P. 012005.
22. Kohanovskiy V.A., Mukutadze M.A. Matrix materials of antifriction composites // *Bulletin of the DSTU*. 2001. Vol. 1. No. 2. P. 51-56.
23. Lagunova E.O., Mukutadze M.A. Calculation of a radial slider bearing with a fusible coating // *Journal of Friction and Wear*. 2019. Vol. 40. No. 1. P. 88-94.
24. Mukutadze M.A., Khasyanova D.U. Optimization of the supporting surface of a slider bearing according to the load-carrying capacity taking into account the lubricant viscosity depending on pressure and temperature // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2018. Vol. 47. No. 4. P. 356-361.

<p>Мукутадзе Александр Мурманович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Начертательная геометрия и графика»</p>	<p>Mukutadze Alexander Murmanovich – candidate of technical sciences, associate professor of Department of descriptive geometry and graphics</p>
<p>mykyt@yandex.ru</p>	

Received 07.04.2022