

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <https://naukovedenie.ru/>

Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/vol9-5.php>

URL статьи: <https://naukovedenie.ru/PDF/92TVN517.pdf>

Статья опубликована 17.11.2017

Ссылка для цитирования этой статьи:

Лагунова Е.О. Расчетная модель радиального подшипника скольжения на электропроводящем смазочном материале, обусловленного расплавом // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/92TVN517.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

Публикация осуществлена в рамках реализации гранта ОАО «РЖД» 2210370/22.12.2016 на развитие научно-педагогических школ в области железнодорожного транспорта

УДК 51:621.891

Лагунова Елена Олеговна

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», Россия, Ростов-на-Дону¹

Доцент кафедры «Высшая математика»

Кандидат технических наук

E-mail: lagunova@rambler.ru

Расчетная модель радиального подшипника скольжения на электропроводящем смазочном материале, обусловленного расплавом

Аннотация. В работе предложен метод формирования точного автомодельного решения задачи гидродинамического расчета радиального подшипника скольжения на электропроводящем смазочном материале, обусловленном расплавом поверхности подшипника.

Для определения функции, обусловленной расплавленной поверхностью подшипниковой втулки, покрытой расплавом легкоплавкого покрытия, а также компонентов вектора скорости смазочной среды и гидродинамического давления автором используется асимптотическое решение системы дифференциальных уравнений движения для «тонкого слоя» смазочного материала, обладающего электропроводящими свойствами, уравнение неразрывности и формула диссипации энергии в виде рядов по степеням малого параметра K .

В статье с помощью автомодельного решения для нулевого и первого приближения определены гидродинамическое давления, функция $\Phi_1(\theta)$, обусловленная расплавом, и параметр M , характеризующий толщину расплавленной пленки.

Автором статьи рассмотрено влияние параметров, характеризующих реологические свойства электропроводящего смазочного материала, и параметра, обусловленного расплавом поверхности подшипниковой втулки, покрытой расплавом легкоплавкого покрытия на составляющие вектора поддерживающей силы и силы трения.

Полученные результаты в виде расчетных моделей могут быть использованы при разработке и проведении проверочных расчетах конструкций опор скольжения, работающих на ферромагнитных смазочных материалах, обусловленном расплавом поверхности подшипника.

¹ 344038, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2

Которые обеспечивают значительное снижение влияния рабочих нагрузок на узлы трения и являются одним из перспективных направлений современной трибологии.

Ключевые слова: гидродинамика; радиальный подшипник; электропроводящий смазочный материал; расплавленная поверхность подшипниковой втулки

Введение

При передаче больших мощностей червячными редукторами трибосистем с использованием в качестве смазочного материала минерального масла происходят трудности из-за отсутствия смазочного материала, необходимого для предотвращения схватывания и повышения температуры рабочих поверхностей [1-5].

Во избежание таких ситуаций, а также при высоких температурах и напряжениях без всяких ограничений для подшипников скольжения предлагается применять в качестве дополнительного смазочного материала расплав легкоплавких металлов.

Теоретическому анализу работ радиальных и упорных подшипников скольжения при наличии смазочного материала обусловленного расплавом поверхности трибосистем покрытое легкоплавким металлическим расплавом посвящены работы [6-9] при учете зависимости вязкости смазочного материала от давления [10-11].

Разработка расчетной модели радиальных и упорных подшипников скольжения с учетом реологических свойств микрополярного, вязкоупругого смазочного материала с учетом зависимости вязкости смазочного материала от давления и расплава легкоплавкого покрытия посвящено ряд работ [12-14].

В данной работе решение задачи приводится для случая, когда смазочный материал обладает свойствами электропроводящего смазочного материала, с учетом зависимости вязкости и электропроводности электропроводящего смазочного материала от давления и расплава легкоплавкого покрытия.

Постановка задачи

Рассматривается течение несжимаемого электропроводящего смазочного материала в рабочем зазоре радиального подшипника скольжения, покрытого расплавом легкоплавкого покрытия.

Подшипниковая втулка, выполненная из материала с низкой температурой плавления, неподвижна, а вал вращается с угловой скоростью Ω (рис. 1). Выделяющееся тепло при вращении вала идет на плавление поверхности материала подшипниковой втулки.

В полярной системе координат r, θ , полюс которой расположен в центре подшипниковой втулки уравнение контура вала и расплавленной поверхности подшипниковой втулки, покрытой металлическим расплавом, запишем в виде:

$$r' = r_0(1 + H), \quad r' = r_1, \quad r' = r_1 + \lambda' f(\theta), \quad (1)$$

где: $H = \varepsilon \cos \theta - \frac{1}{2} \varepsilon^2 \sin^2 \theta + \dots$, $\varepsilon = \frac{e}{r_0}$; r_0 – радиус вала; r_1 – радиус подшипниковой втулки, покрытой металлическим расплавом; e – эксцентриситет; ε –

относительный эксцентриситет; $\lambda'f(\theta)$ – ограниченная функция при $\theta \in [0 \div 2\pi]$ подлежит определению.

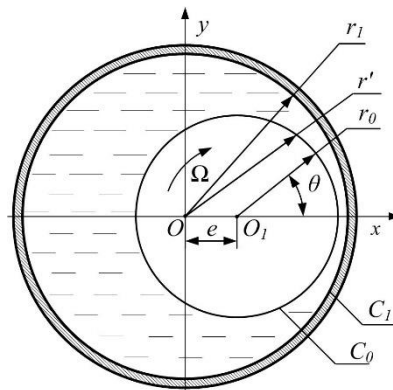


Рисунок 1. Расчетная схема (автор: Лагунова Е.О.)

Исходные уравнения и граничные условия

В качестве исходных уравнений берется система безразмерных уравнений движения электропроводящего смазочного материала для случая «тонкого слоя», уравнение неразрывности и формула диссипации энергии для определения функции, обусловленной расплавленной поверхностью подшипниковой втулки покрытой расплавом легкоплавкого покрытия:

$$\frac{\partial^2 v}{\partial r^2} = \frac{dp}{d\theta} - A + Nv, \quad \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial v}{\partial \theta} = 0, \quad (2)$$

$$\frac{d\Phi(\theta)}{d\theta} = -K \int_{-\Phi(\theta)}^{h(\theta)} \left(\frac{\partial v}{\partial r} \right)^2 dr,$$

где: u, v – компоненты вектора скорости смазочной среды; μ – коэффициент динамической вязкости смазочного материала, P – гидродинамическое давление в смазочном

слое, σ – электропроводность смазочного материала, $K = \frac{2\mu\Omega r_0}{\delta L'}$ – параметр, характеризующий скорость диссипации механической энергии, $h(\theta) = 1 - \eta \cos \theta$ – толщина

масляной пленки, $\Phi(\theta) = \eta_1 f(\theta)$ – функция, обусловленная расплавом, $\eta = \frac{e}{\delta}$ – эксцентриситет, η_1 – эксцентриситет расплавленной подшипниковой втулки, L' – удельная

теплота плавления на единицу объема, $N = \frac{\sigma B_0^2 \delta^2}{\mu r_0^2}$ – число Гартмана, $A = \frac{\sigma B_0 E' \delta^2}{\mu r_0^2 \Omega}$ –

величина, обусловленная наличием электрического поля, $\vec{E} = \{0, 0, E'\}$ – вектор напряженности электрического поля; $\vec{B} = \{0, B', 0\}$ – вектор магнитной индукции [14].

Будем считать значения $E'(r, 0)$ и $B'(r, 0)$ заданными и удовлетворяющими уравнениям Максвелла:

$$\operatorname{div} \bar{B} = 0, \operatorname{rot} \bar{E} = 0. \quad (3)$$

Положим, что значения E', B' имеют вид: $E' = \text{const}; B' = \frac{B_0}{r'}, B_0 = \text{const}$, при которых удовлетворяется система (3).

Для решения системы уравнений (2) запишем граничные условия:

$$\begin{aligned} u = 1, \quad v = -\eta \sin \theta \quad \text{при} \quad r = 1 - \eta \cos \theta = h(\theta); \\ v = 0, \quad u = 0 \quad \text{при} \quad r = 0 - \Phi(\theta); \quad p(0) = p(2\pi) = \frac{p_a}{p^*}. \end{aligned} \quad (4)$$

Осуществим переход к безразмерным переменным на основе формул:

$$\begin{aligned} r' = r_1 - \delta r, \quad \delta = r_1 - r_0; \quad v' = \Omega r_0 v; \quad u' = \Omega \delta u; \quad p' = p^* p; \\ p^* = \frac{\mu \Omega r_0^2}{\delta^2}; \quad \mu' = \mu; \quad \sigma' = \sigma. \end{aligned} \quad (5)$$

В качестве малого параметра принимая K , обусловленный расплавом и скоростью диссипации энергии, будем искать функцию $\Phi(\theta)$ в виде:

$$\Phi(\theta) = -K\Phi_1(\theta) - K^2\Phi_2(\theta) - K^3\Phi_3(\theta) - \dots = H, \quad (6)$$

где $H = -K\Phi_1(\theta) - K^2\Phi_2(\theta) - K^3\Phi_3(\theta) - \dots$.

Граничные условия для безразмерных компонентов скорости u и v на контуре $r = -\Phi(\theta)$ можно записать в виде:

$$\begin{aligned} v(0 - H(\theta)) = v(0) - \left(\frac{\partial v}{\partial r} \right)_{r=0} \cdot H(\theta) - \left(\frac{\partial^2 v}{\partial r^2} \right)_{r=0} \cdot H^2(\theta) - \dots = 0; \\ u(0 - H(\theta)) = u(0) - \left(\frac{\partial u}{\partial r} \right)_{r=0} \cdot H(\theta) - \left(\frac{\partial^2 u}{\partial r^2} \right)_{r=0} \cdot H^2(\theta) - \dots = 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Асимптотическое решение системы дифференциальных уравнений (2) с учетом граничных условий (4) и (7) будем искать в виде рядов по степеням малого параметра K :

$$\begin{aligned} v = v_0(r, \theta) + K v_1(r, \theta) + K^2 v_2(r, \theta) + \dots; \\ u = u_0(r, \theta) + K u_1(r, \theta) + K^2 u_2(r, \theta) + \dots; \\ \Phi(\theta) = -K\Phi_1(\theta) - K^2\Phi_2(\theta) - K^3\Phi_3(\theta) - \dots; \\ p = p_0 + K p_1(\theta) + K^2 p_2(\theta) + K^3 p_3(\theta) \dots \end{aligned} \quad (8)$$

Выполняя подстановку (8) в систему дифференциальных уравнений (2) с учетом граничных условий (4) и (7), получим следующие уравнения:

- для нулевого приближения:

$$\frac{\partial^2 v_0}{\partial r^2} = \frac{dp_0}{d\theta} + Nv_0 - A, \quad \frac{\partial v_0}{\partial \theta} + \frac{\partial u_0}{\partial r} = 0 \quad (9)$$

с граничными условиями:

$$\begin{aligned} u_0 = 1, \quad v_0 = -\eta \sin \theta \quad \text{при} \quad r = 1 - \eta \cos \theta; \\ v_0 = 0, \quad u_0 = 0 \quad \text{при} \quad r = 0; \\ p_0(0) = p_0(2\pi) = \frac{P_a}{P}; \end{aligned} \quad (10)$$

- для первого приближения:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 v_1}{\partial r^2} = \frac{dp_1}{d\theta}; \quad \frac{\partial v_1}{\partial \theta} + \frac{\partial u_1}{\partial r} = 0; \\ Z_0 \frac{d\Phi_1(\theta)}{d\theta} = -K \int_0^{1-\eta \cos \theta} \left(\frac{\partial v_0}{\partial r} \right)^2 dr \end{aligned} \quad (11)$$

с граничными условиями:

$$\begin{aligned} v_1 = \left(\frac{\partial v_0}{\partial r} \right)_{r=0} \cdot \Phi_1(\theta); \quad u_1 = \left(\frac{\partial u_0}{\partial r} \right)_{r=0} \cdot \Phi_1(\theta); \\ v_1 = 0; \quad u_1 = 0 \quad \text{при} \quad r = 1 - \eta \cos \theta; \\ p_1(0) = p_1(2\pi) = 0; \quad K\Phi_1(0) = K\tilde{\alpha}. \end{aligned} \quad (12)$$

Правую часть первого уравнения системы (2) скорость v заменим ее наибольшим значением (т. е. принимаем $v = -1$), тогда точное автомодельное решение задачи для нулевого приближения будем искать в виде:

$$\begin{aligned} v_0 = \frac{\partial \Psi_0}{\partial r} + V_0(r, \theta); \quad u_0 = -\frac{\partial \Psi_0}{\partial \theta} + U_0(r, \theta); \\ \Psi_0(r, \theta) = \tilde{\Psi}_0(\xi); \quad \xi = \frac{r}{1 - \eta \cos \theta}; \end{aligned} \quad (13)$$

$$V_0(r, \theta) = \tilde{v}(\xi); \quad U_0(r, \theta) = -\tilde{u}(\xi) \cdot h'(\theta).$$

Подставляя (13) в систему дифференциальных уравнений (9) с учетом граничных условий (10), получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\tilde{\Psi}_0'''(\xi) = \tilde{C}_2; \quad \tilde{v}''(\xi) = \tilde{C}_1; \quad \tilde{u}'(\xi) + \xi \tilde{v}'(\xi) = 0;$$

$$\frac{dp_0}{d\theta} - A - N = \frac{\tilde{C}_1}{h^2(\theta)} + \frac{\tilde{C}_2}{h^3(\theta)} \quad (14)$$

и граничные условия:

$$\begin{aligned} \tilde{\psi}'_0(0) = 0, \quad \tilde{\psi}'_0(1) = 0; \quad \tilde{u}_0(1) = 0, \quad \tilde{v}_0(1) = -\eta \sin \theta; \\ \tilde{u}_0(0) = 1, \quad \tilde{v}_0(0) = 0, \quad \int_0^1 \tilde{v}_0(\xi) d\xi = 0, \quad p_0(0) = p_0(2\pi) = \frac{P_a}{P^*}. \end{aligned} \quad (15)$$

Непосредственным интегрированием получим:

$$\tilde{\psi}'_0(\xi) = \frac{\tilde{C}_2}{2}(\xi^2 - \xi), \quad \tilde{v}_0(\xi) = \tilde{C}_1 \frac{\xi^2}{2} - \left(1 + \frac{\tilde{C}_1}{2}\right)\xi + 1, \quad \tilde{C}_1 = 6. \quad (16)$$

Из условия $p_0(0) = p_0(2\pi) = \frac{P_a}{P^*}$ получим следующее выражение

$$\tilde{C}_2 = -6(4 + 6\eta^2) - (N + A)(8 + 18\eta^2). \quad (17)$$

Определение гидродинамического давления

С учетом (17) для безразмерного гидродинамического давления получим:

$$\begin{aligned} p_0 &= (A + N)\theta + \tilde{C}_1 J_2(\theta) + \tilde{C}_2 J_3(\theta) + \frac{P_a}{P^*} = \\ &= -6 \left(3\theta + 10\eta \sin \theta - \frac{21}{4}\eta^2 \sin 2\theta - \frac{9}{2}\eta^2 \theta \right) - (A + N) \left(6\theta + 22\eta \sin \theta - \frac{45}{4}\eta^2 \sin 2\theta - \frac{9}{2}\eta^2 \theta \right) + \\ &\quad + 6(6\pi - 9\eta^2 \pi) + (A + N)(12\pi - 9\eta^2 \pi) + \frac{P_a}{P^*}. \end{aligned} \quad (18)$$

Для определения $\Phi_1(\theta)$ с учетом уравнения (16) придем к следующему уравнению:

$$\frac{d\Phi_1(\theta)}{d\theta} = \frac{h(\theta)}{Z_0} \int_0^1 \left(\frac{\tilde{\psi}''_0(\xi)}{h^2(\theta)} + \frac{\tilde{v}'_0(\xi)}{h(\theta)} \right)^2 d\xi. \quad (19)$$

Интегрируя уравнение (19), получим:

$$\Phi_1(\theta) = \frac{1}{Z_0} \left(\int_0^\theta \frac{\Delta_1 d\theta}{h^3(\theta)} + \int_0^\theta \frac{\Delta_2 d\theta}{h^2(\theta)} + \int_0^\theta \frac{\Delta_3 d\theta}{h(\theta)} \right).$$

где

$$\Delta_1 = \int_0^1 (\tilde{\psi}''(\xi))^2 d\xi = \frac{\tilde{C}_2^2}{12}; \quad \Delta_2 = \int_0^1 2\tilde{\psi}''(\xi) \cdot \tilde{v}'(\xi) d\xi = \frac{1}{6} \tilde{C}_1 \tilde{C}_2; \quad \Delta_3 = \int_0^1 (\tilde{v}'(\xi))^2 d\xi = 4. \quad (20)$$

Решая уравнения (19)-(20) с учетом $K\Phi_1(0) = K\tilde{\alpha}$, получим:

$$\Phi_1(\theta) = \frac{\tilde{C}_2^2}{12} \left[\theta + 3\eta \sin \theta - 3\eta^2 \left(\theta + \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) \right] + \tilde{C}_2 \left[\theta + 2\eta \sin \theta - \frac{3}{2} \eta^2 \left(\theta + \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) \right] + \left(4 + N + A + \frac{7(N+A)^2}{12} \right) \left[\theta + \eta \sin \theta + \frac{\eta^2}{2} \left(\theta + \frac{1}{2} \sin 2\theta \right) \right] + \tilde{\alpha}. \quad (21)$$

Тогда для первого приближения получим:

$$v_1 = \frac{\partial \Psi_1}{\partial r} + V_1(r, \theta); \quad u_1 = -\frac{\partial \Psi_1}{\partial \theta} + U_1(r, \theta);$$

$$\Psi_1(r, \theta) = \tilde{\Psi}_1(\xi); \quad \xi = \frac{r}{1 - \eta \cos \theta};$$

$$V_1(r, \theta) = \tilde{v}(\xi); \quad U_1(r, \theta) = -\tilde{u}_1(\xi) \cdot h'(\theta). \quad (22)$$

Подставляя (22) в систему дифференциальных уравнений (11) с учетом граничных условий (12), получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\tilde{\Psi}_1'''(\xi) = \tilde{C}_2; \quad \tilde{v}_1''(\xi) = \tilde{C}_1; \quad \tilde{u}_1'(\xi) + \xi \tilde{v}_1'(\xi) = 0; \quad \frac{dp_1}{d\theta} = \frac{\tilde{C}_1}{h^2(\theta)} + \frac{\tilde{C}_2}{h^3(\theta)} \quad (23)$$

и граничные условия:

$$\tilde{\Psi}_1'(0) = 0, \quad \tilde{\Psi}_1'(1) = 0, \quad \tilde{u}_1(1) = 0, \quad \tilde{v}_1(1) = 0; \quad p_1(0) = p_1(2\pi) = 0;$$

$$\tilde{u}_1(0) = 0, \quad \tilde{v}_1(0) = M, \quad \int_0^1 \tilde{v}_1(\xi) d\xi = 0. \quad (24)$$

Непосредственным интегрированием получим:

$$\tilde{\Psi}_1'(\xi) = \frac{\tilde{C}_2}{2} (\xi^2 - \xi), \quad \tilde{C}_1 = 6M, \quad \tilde{v}_1(\xi) = \tilde{C}_1 \frac{\xi^2}{2} - \left(\frac{\tilde{C}_1}{2} + M \right) \xi + M. \quad (25)$$

Из условия $p_1(0) = p_1(2\pi) = 0$ для \tilde{C}_2 получим:

$$\tilde{C}_2 = -6M(4 + 6\eta^2), \quad (26)$$

где:

$$M = \sup_{\theta \in [0; 2\pi]} \left| \frac{\partial v_0}{\partial r} \right|_{r=0} \cdot \Phi_1(\theta) = \sup_{\theta \in [0; 2\pi]} \left| \left\{ \frac{-\eta \sin \theta}{1 - \eta \cos \theta} + 3 \left(3 + 7\eta \cos \theta - \frac{19}{2} \eta^2 - \frac{31}{2} \eta^2 \cos 2\theta \right) + \frac{N+A}{2} \left(7 + 15\eta \cos \theta - \frac{67}{2} \eta^2 - \frac{31}{2} \eta^2 \cos 2\theta \right) \right\} \times \Phi_1(\theta) \right|.$$

С учетом (26) получим:

$$p_1 = \tilde{C}_1 J_2(\theta) + \tilde{C}_2 J_3(\theta) = -6M \left(3\theta + 10\eta \sin\theta - \frac{21}{4} \eta^2 \sin 2\theta - \frac{9}{2} \eta^2 \theta - 6\pi + 9\eta^2 \pi \right). \quad (27)$$

Результаты исследований и их обсуждение

Перейдем к определению основных рабочих характеристик подшипника.

С учетом (9), (11), (18) и (27) для составляющей вектора поддерживающей силы и силы трения получим:

$$R_x = \frac{\mu \Omega r_0^3}{\delta^2} \int_0^{2\pi} \left(p - \frac{p_a}{p^*} + K p_1 \right) \cos \theta d\theta = 0, \quad (28)$$

$$R_y = \frac{\mu \Omega r_0^3}{\delta^2} \int_0^{2\pi} \left(p - \frac{p_a}{p^*} + K p_1 \right) \sin \theta d\theta = \frac{\mu \Omega r_0^3 \pi}{\delta^2} (11\eta(N + A) + 30\eta(1 + KM)),$$

$$L_{тр} = \frac{\mu \Omega r_0^2}{\delta} \int_0^{2\pi} \left[\frac{\partial v_0}{\partial r} \Big|_{r=0} + K \frac{\partial v_1}{\partial r} \Big|_{r=0} \right] d\theta =$$

$$= -\frac{3\mu \Omega r_0^2}{\delta} \left[6\pi - 19\eta^2 \pi + \frac{N + A}{2} (14\pi - 31\eta^2 \pi) - KM \left(6\pi - 19\eta^2 \pi - \frac{2}{1 + \eta} \arctg 2\pi \sqrt{\frac{1 + \eta}{1 - \eta}} \right) \right].$$

Для проверочных расчетов на основе полученных теоретических моделей использован следующий диапазон значения:

$$\mu_0 = 0,001023 \text{ Нс/м}^2; \eta = 0,3 \dots 1 \text{ м}; r_0 = 0,019995 \dots 0,0493 \text{ м};$$

$$\Omega = 100 \dots 1800 \text{ с}^{-1}; \delta = 0,05 \cdot 10^{-3} \dots 0,07 \cdot 10^{-3}; K = 0,00052 \dots 0,0000022;$$

$$p_a = 0,08 \div 0,101325 \text{ МПа}; \alpha = 0 \dots 1; L' = 35,33 \dots 38,1 \text{ Н/м}^2; M = 46,84 \dots 123,4.$$

По результатам численных расчетов построены графики, приведенные на рис. 2-5.

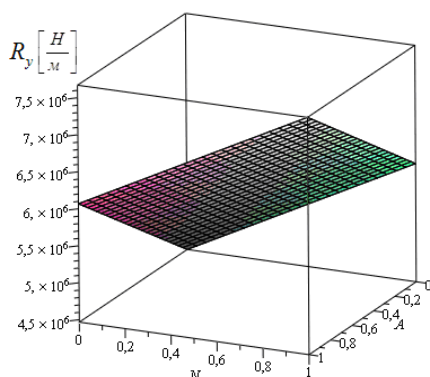


Рисунок 2. Зависимость компонента поддерживающей силы (R_y) от параметра A , обусловленного наличием электрического поля, и от числа Гартмана N (автор: Лагунова Е. О.)

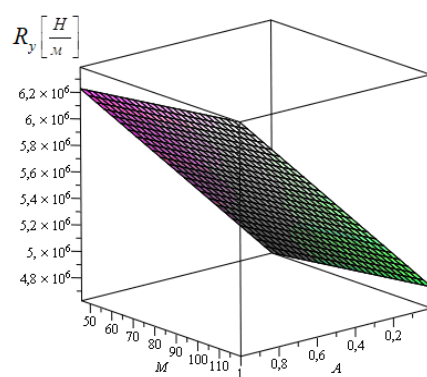


Рисунок 3. Зависимость компонент поддерживающей силы (R_y) от параметра: A , обусловленного наличием электрического поля, и параметра M , характеризующего толщину расплавленной пленки (автор: Лагунова Е. О.)

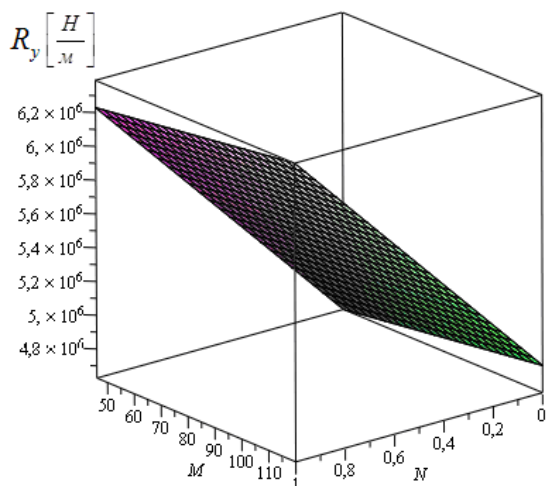


Рисунок 4. Зависимость компонента поддерживающей силы (R_y) от параметра M , характеризующего толщину расплавленной пленки, и числа Гартмана N (автор: Лагунова Е. О.)

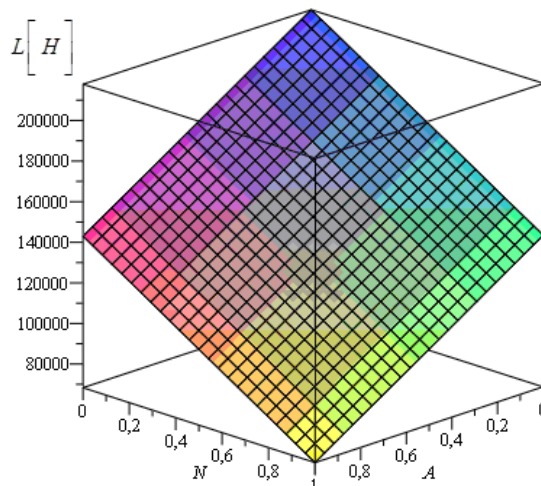


Рисунок 5. Зависимость силы трения от параметра A , обусловленного наличием электрического поля, и от числа Гартмана N (автор: Лагунова Е. О.)

Выводы

Анализ полученных расчетных моделей и графиков позволяет сделать ряд следующих выводов:

- Получена уточненная расчетная модель радиального подшипника скольжения, работающего в условиях гидродинамического смазывания расплавом легкоплавкого покрытия с учетом зависимости вязкости электропроводящего смазочного материала от давления.
- Установлен значительный вклад конструктивного параметра K , обусловленного расплавом. И показано, что с увеличением параметра A , обусловленного наличием электрического поля, и числа Гартмана N сила трения уменьшается, а несущая способность увеличивается.

Заключение

Полученные результаты в виде расчетных моделей могут быть использованы при разработке и проведении проверочных расчетах конструкций опор скольжения, работающих на ферромагнитных смазочных материалах, обусловленном расплавом поверхности подшипника. Которые обеспечивают значительное снижение влияния рабочих нагрузок на узлы трения и являются одним из перспективных направлений современной трибологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физические величины. Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
2. Хавин, В. Я. Краткий химический справочник / В. Я. Хавин. – Л.: Химия, 1991.
3. Перельман, В. И. Краткий справочник химика / В. И. Перельман. – М.-Л.: Химия, 1964.

4. Lagunova, E. O. Simulation Model of Radial Bearing, Taking into Account the Dependence of Viscosity Characteristics of Micro-Polar Lubricant Material on Temperature // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 12 (2017) pp. 3346-3352.
5. Ахвердиев, К. С. Разработка расчетной модели радиального подшипника с учетом зависимости проницаемости, электропроводности и вязкости жидкого смазочного материала от давления / К. С. Ахвердиев, М. А. Мукутадзе, И. А. Колобов, А. Н. Гармонина // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/74TVN616.pdf> (доступ свободный).
6. Василенко, В. В. Гидродинамический расчет радиального подшипника, смазываемого расплавом легкоплавкого покрытия при наличии смазочного материала / В. В. Василенко, Е. О. Лагунова, М. А. Мукутадзе // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 9, №5 (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/20TVN517.pdf> (доступ свободный).
7. Ахвердиев, К. С. Гидродинамический расчет радиального подшипника, смазываемого расплавом легкоплавкого покрытия при наличии смазочного материала / К. С. Ахвердиев, М. А. Мукутадзе, Е. О. Лагунова, В. В. Василенко // Вестник РГУПС, №2 (66) 2017, С. 129-135.
8. Уилсон. Смазка с расплавом / Уилсон // Проблемы трения и смазки. – 1976. – № 1. – С. 19.
9. Беретта. Подшипники скольжения, смазываемые собственным расплавом или продуктом сублимации / Беретта, Ниро, Сильвестри // Труды Америк. о-ва инж.-мех. – 1992. – № 1. – С. 86-90.
10. Ахвердиев, К. С. Расчетная модель радиального подшипника, смазываемого расплавом, с учетом зависимости вязкости от давления / К. С. Ахвердиев, Е. О. Лагунова, В. В. Василенко // Вестник ДГТУ, №3 (90) 2017, С. 27-37.
11. Vasilenko, V. V. Calculation Model of the Radial Bearing, Caused by the Melt, Taking into Account the Dependence of Viscosity on Pressure / V. V. Vasilenko, E. O. Lagunova, M. A. Mukutadze, V. M. Prikhodko // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 19 (2017) pp. 9138-9148.
12. Ахвердиев, К. С. Клиновидные опоры скольжения, работающие на микрополярном смазочном материале, обусловленные расплавом / К. С. Ахвердиев, М. А. Мукутадзе, Е. О. Лагунова, В. В. Василенко // Вестник РГУПС, №3 (67) 2017, С. 8-15.
13. Lagunova, E. O. Wedge-Shaped Sliding Supports Operating on Viscoelastic Lubricant Material Due to the Melt, Taking Into Account the Dependence of Viscosity and Shear Modulus on Pressure // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 19 (2017) pp. 9120-9127.
14. Lagunova, E. O. Radial Plain Bearings Operating on Viscoelastic Lubricant Caused by the Melt, Taking into Account the Dependence of the Viscosity of the Lubricant and the Shear Modulus on the Pressure // International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 12, Number 19 (2017) pp. 9128-9137.

Lagunova Elena Olegovna

Rostov state transport university, Russia, Rostov-on-Don
E-mail: lagunova@rambler.ru

Settlement model of the radial bearing of sliding on the electroconductive lubricant caused by fusion

Abstract. In work the method of formation of the exact automodel solution of a problem of hydrodynamic calculation of the radial bearing of sliding on the electroconductive lubricant caused by fusion of a surface of the bearing is offered.

For definition of the function caused by the melted surface of the bearing plug covered with fusion of a fusible covering and also components of a vector of speed of the lubricant environment and hydrodynamic pressure the author the asymptotic solution of system of the differential equations of the movement for "a thin layer the" of lubricant having electroconductive properties, the equation of continuity and a formula of dissipation of energy in the form of ranks on degrees of small parameter K is used.

In article for zero and first approach pressure, the function caused by fusion and the parameter M characterizing thickness of the melted film are determined by the automodel decision hydrodynamic.

The author of article has considered influence of the parameters characterizing the rheological properties of electroconductive lubricant, and the parameter caused by fusion of a surface of the bearing plug covered with fusion of a fusible covering on which are a vector of the supporting force and friction force.

The received results in the form of settlement models can be used when developing and carrying out test calculations of designs of the support of sliding using ferromagnetic lubricants caused by fusion of a surface of the bearing. Which provide considerable decrease in influence of working loads of frictional units and are one of the perspective directions of a modern tribology.

Keywords: hydrodynamics; the radial bearing; electroconductive lubricant; the melted surface of the bearing plug