

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРЫ СМАЗОЧНОГО СЛОЯ

Тохметова А.

*Институт машиноведения имени А.А. Благонравова Российской академии наук,
Москва*

Ключевые слова: тепловой поток в колебательном смазочном слое, колебания смазочного слоя, декремент колебаний.

Аннотация. Разработана методика расчета температуры при колебаниях смазочного слоя при фрикционном контакте. В статье приведена верификация результатов данной методики с методикой расчета температуры нагрева смазочного слоя. Разница между методиками расчета температуры смазочного слоя составляет 4%. Смазочный материал между трибоконтактами играет демпфирующую роль. Декремент затухания снижает колебания в два раза.

METHOD FOR CALCULATING THE TEMPERATURE OF THE LUBRICANT LAYER

Tokhmetova A.

*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences,
Moscow*

Keywords: air flow in a variable lubricating volume, oscillation of the lubricating layer, oscillation decrement.

Abstract. A method has been developed for calculating the temperature during vibrations of the lubricant layer during frictional contact. The article provides verification of the results of this method with the method for calculating the heating temperature of the lubricating layer. The difference between the methods for calculating the temperature of the lubricating layer is 4%. The lubricant between the tribocontacts plays a damping role. The damping decrement reduces the oscillations by half.

Введение. Одним из важных параметров, влияющих на работоспособность трибоконтактов является температура смазочного слоя [1-3]. В статье рассмотрена математическая модель и методика расчета температуры смазочного слоя и декремента затухания. Целью этой работы являлось решение тепловой задачи с учетом колебательного движения смазочного слоя и расчет декремента затухания.

Исследование тепловой задачи. Рассмотрим тепловую задачу при колебательном движении смазочного слоя. Для описания тепловых процессов при фрикционном взаимодействии предложена следующая зависимость:

$$Q = 1,73\theta A \sqrt{t} \sqrt{\lambda_1 \rho_1 c_1 + \lambda_2 \rho_2 c_2}. \quad (1)$$

Здесь A – площадь поверхности, θ – температура, t – время, λ_1, λ_2 – теплопроводность подвижной поверхности и смазочной среды, ρ_1, ρ_2 – плотность подвижной поверхности и смазочной среды, c_1, c_2 – теплоемкость подвижной поверхности и смазочной среды.

Второй способ моделирования теплового процесса в смазочном слое основан на колебательном движении смазочного слоя:

$$Q_{об} = P_0 v_0 t \cos^2 2\pi \nu t. \quad (2)$$

Здесь P_0 – максимальное значение нагрузки, ν – частота колебаний, v_0 – максимальное значение скорости.

Приравнивая формулы (1) и (2), получим уравнение для определения температуры смазочного слоя:

$$\theta = \frac{P_0 v_0 t \cos^2 2\pi \nu t}{1,73 \theta A \sqrt{t} \sqrt{\lambda_1 \rho_1 c_1 + \lambda_2 \rho_2 c_2}}. \quad (3)$$

Для определения температуры нагрева смазочного слоя [4] авторы применяли следующую формулу:

$$\theta = \frac{f N v \sqrt{t}}{1,73 A \sqrt{\lambda_1 \rho_1 c_1 + \lambda_2 \rho_2 c_2}}. \quad (4)$$

где f – коэффициент трения, v – скорость, t – время, A – площадь поверхности, λ_1, λ_2 – теплопроводность подвижной поверхности и смазочной среды, ρ_1, ρ_2 – плотность подвижной поверхности и смазочной среды, c_1, c_2 – теплоемкость подвижной поверхности и смазочной среды.

Табл. 1. Результаты расчета температуры смазочного слоя

Нагрузка, H	Температура смазочного слоя по формуле (3), $^{\circ}C$	Температура смазочного слоя по формуле (4), $^{\circ}C$
200	27,4	26,3
200	40,2	39,1
200	52,4	53,7
500	26,1	27,7
500	43,5	41,6
500	48,7	49,8

Как показано в таблице 1, разница между результатами расчета температуры смазочного слоя составляет 4%.

Декремент колебаний. Известно, что затухания колебаний в смазочном слое имеет демпфирующее свойство. На рисунке 1 показаны затухающие колебания. Декремент колебания – это скорость затухания, которая показывает, во сколько раз уменьшается амплитуда в следующем полупериоде по сравнению с предыдущим [5]:

$$\lambda = \ln e^{\frac{nT}{2}} \quad (5)$$

Здесь n – коэффициент затухания, T – период свободных колебаний.

Период свободных колебаний $T = 0,02$ с, коэффициент затухания равен $50c^{-1}$, отсюда декремент колебаний

$$\lambda = \ln e^{\frac{50 \cdot 0,02}{2}} = 0,5. \quad (6)$$

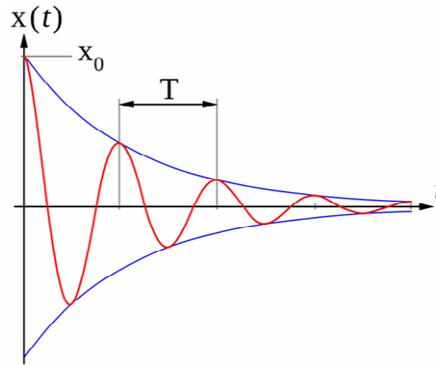


Рис. 1. Затухающие колебания

Вывод. Представлена методика расчета температуры при колебательном движении смазочного слоя и проведена верификация результатов данной методики. Показано, что смазочный материал между контактирующими телами, действительно, играет роль демпфера. Проведенные исследования показали, что декремент затухания снижает колебания в 2 раза.

Список литературы

1. Ахметов В.К. Численное моделирование теплопереноса в смазочном слое // Информатика и вычислительная техника и управление. – 2020. – № 3. – С. 85-88.
2. Власов В.М., Маленко И.П., Маленко П.И. Тепловая задача для трения скольжения со смазочным материалом // Вестник машиностроения. – 2005. – № 2. – С. 40-46.
3. Федоров С.В. Тепловые модели смазочной пленки при гидродинамической и упругогидродинамической смазке // Известия КГТУ. – 2015. – № 38. – С. 148-158.
4. Албагачиев А.Ю., Михеев А.В., Тананов М.А., Тохметова А.Б. Определение температуры нагрева смазочного слоя при трении // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2022. – № 5. – С. 93-98.
5. Мачнев А.В., Комаров В.А., Мачнев В.А., Рыблов М.В., Кадеркаев Р.Р. Влияние смазки на амплитуду вибрационных сигналов коробок передач тракторов // Нива Поволжья. – 2016. – № 2. – С. 82-87.

Сведения об авторе:

Тохметова Айгерим – научный сотрудник лаборатории узлов трения для экстремальных условий.