

**УДК 621.833**

*А.В. ВИШНЕВСКИЙ, асп., Луганск, ВНУ им. В. Даля. Украина*

*А.Л. НОСКО, к.т.н., Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана. Россия*

## **О ПРОБЛЕМАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ТРЕНИЯ**

Requirements of time are now those, that development of engineering goes on a way of constant increase of capacity of machines, their speed and speed of movement that is in part provided both reliability, and durability of brakes. It is important to make a complex estimation of serviceability of brakes on early design stages for a wide range of modes of operation.

Развитие техники идет по пути постоянного повышения мощности машин, их быстродействия и скорости движения. Это в полной мере обеспечивается надежной и долговечной работой тормозов и необходимостью проведения комплексной оценки их работоспособности для широкого диапазона эксплуатационных режимов. Расчетно-экспериментальные методы исследования тормозов целесообразно осуществлять с учетом имитационного моделирования работы фрикционных пар для принятия решений на протяжении всего срока их работы. Разработанные для этих целей математические модели имитации детерминированных и квазидетерминированных процессов должны учитывать динамику, как самого процесса трения, так и непрерывное (иногда дискретное) изменение важнейших параметров, которые отражают фрикционные, механические и теплофизические свойства материалов пары трения. Как показывают экспериментальные исследования и теоретический анализ, наибольшее влияние на величину и характер изменения фрикционных свойств материалов при торможении оказывает температура

на фрикционном контакте [1-3].

Так как процесс трения осуществляется на фактической площади контакта, а контурные площадки контакта переменны из-за механических свойств материалов, необходимо построить такую модель, в которой величина максимальной температуры на фрикционном контакте зависела бы от микрогеометрии контакта, механических свойств пары трения, нагрузки на контакте, а также от характера изменения этих факторов в процессе торможения. В силу различной твердости материалов пары трения, при построении математической модели нами было принято допущение о пластическом микроконтакте[4-5]. Объем пары трения представлен в виде стержней квадратного сечения площадью  $D^2$ , по которым распространяется тепло. Источником тепла является стержень квадратного сечения, основания которого пятно контакта, площадью  $d^2$ , причем  $d_{min} \leq d \leq d_{max}$  и  $d \ll D$ . Для оценки  $D$  задаются также  $D_{min}$  и  $D_{max}$ .

Задача теплопроводности стержня описывается дифференциальным уравнением Фурье допускающее частное решение

$$\Phi(r, t) = \frac{1}{\sqrt{t^m}} \exp\left(-\frac{r^2 a}{4t}\right) \quad (1)$$

где  $m=1,2,3$  соответственно одномерный, двумерный и трехмерный случай. Общее решение (1) может быть представлено в виде

$$\Phi(r, t) = \frac{A}{\sqrt{t^m}} \exp\left(-\frac{r^2 a B}{4t}\right) + C \quad (2)$$

где  $A, B, C$  функции, учитывающие нагрузку скорость скольжения и коэффициент трения.  $A, B, C$  определяются через аппроксимацию численного решения уравнения Фурье и (или) аппроксимацию экспериментальных данных. Модель будет эволюционировать путем подключения модулей, учитывающих множественность контакта и

механизма износа. Предлагаемый в данной работе подход позволяет рассмотреть внешний стержень как трубу, по которой распространяется тепло вдоль внутреннего стержня. Распределения температуры внутри трубы описывается уравнением Фурье (двумерный случай), учитывающим теплоемкость, теплопроводность и плотность материала трубы, в нашем случае – это материал из которого сделаны диск и накладка. Решение уравнения методом Гаусса-Зейделя дает возможность получить распределение температуры для одного сечения трубы, выводя изотермы в виде графика с учетом теплопередачи из соседних стержней

Системный подход и численный анализ позволяют более точно описать распределение температуры в области контакта и минимизировать интегральную погрешность. Предложенный подход, позволяет проводить численные эксперименты для принятия оптимальных решений по выбору рациональных параметров конструкции тормозов, а также по составу материалов из которых изготовлены элементы пары трения.

**Список литературы:** 1. *Крагельский И.В.* Трение и износ. М.: "Машиностроение", 1968. 2. *Чичинадзе А.В.* Расчет и исследование внешнего терния при торможении. М.: "Наука", 1967. 3. *Чичинадзе А.В.* Расчет испытаний и подбор фрикционных пар. М.: "Наука", 1979. 4. Характеристики микрогеометрии, определяющие контактное взаимодействие шероховатых поверхностей (методика определения): Руководящие материалы. М.: НИИМАШ, 1973. 5. *Дроздов Ю.Н. и др.* Трение и износ в экстремальных условиях. М.: "Машиностроение", 1986. 6. *Александров М.П., Носко А.Л.* Расчет нагрева тормозных устройств с малым коэффициентом взаимного перекрытия (на примере дисково-колодочных тормозов подъемно – транспортных машин). – Минск: научно-теоретический журнал «Трение и износ». 1993. с.895 – 901.

