

УДК 536.12:621.891:539.3

# Модель расчета средней температуры поверхности трения дискового тормоза

А. Евтушенко, К. Топчевска

Белостокский технический университет,  
ул. Вейска 45С, Белосток 15-351, Польша

Поступила в редакцию 02.03.2021.

После доработки 17.08.2021.

Принята к публикации 20.08.2021.

Предложена расчётная схема определения температурного режима дискового тормоза с учётом изменения контурной площади контакта со временем торможения. С этой целью получены точные решения начальной задачи движения и соответствующей тепловой задачи трения. На их основании в аналитическом виде записаны формулы для расчёта эволюции скорости скольжения, удельных мощности и работы трения, средней температуры области контакта. Учёт термочувствительности материалов пары трения осуществлялся путём введения в расчётные формулы значений коэффициентов теплопроводности и удельной теплоёмкости при объёмной температуре. Численный анализ выполнен для тормоза с дисками, изготовленными из углеродного фрикционного композиционного фрикционного материала Termar-ADF. Сравнивали значения таких характеристик, как скорость, продолжительность торможения, максимальная и объёмная температура, найденных с и без учёта изменения контурной площади контакта. Проведенный сравнительный анализ позволил определить влияние изменения площади контура трения на изменение средней температуры при торможении. Установлено, что уровень температуры, рассчитанный с учетом увеличения поверхности контура трения при торможении, выше. Несмотря на то, что средняя площадь контакта одинакова и сравниваемые процессы торможения происходят практически одновременно. В ходе анализа также изучалось влияние изменения кажущейся площади контактной поверхности на температурный временной профиль. Было замечено, что большая видимая площадь контакта вызывает уменьшение значения максимальной достигнутой температуры и времени ее достижения

**Ключевые слова:** торможение, фрикционное нагревание, температура, контурная площадь контакта, дисковый тормоз.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-4-459-468

---

**Адрес для переписки:**

А. Евтушенко  
Белостокский технический университет.  
ул. Вейска 45С, Белосток 15-351, Польша  
e-mail: a.yevtushenko@pb.edu.pl

**Для цитирования:**

А. Евтушенко, К. Топчевска.  
Влияние изменения со временем контурной площади контакта на температуру при торможении.  
Трение и износ.  
2021. — Т. 42, № 4. — С. 459—468.  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-459-468

**Address for correspondence:**

Aleksander Yevtushenko  
Bialystok University of Technology.  
45C, Wiejska Street, 15-351 Bialystok, Poland  
e-mail: a.yevtushenko@pb.edu.pl

**For citation:**

Aleksander Yevtushenko and Katarzyna Topczewska.  
[Model for Calculating the Mean Temperature on the Friction Area of a Disc Brake].  
Trenie i Iznos.  
2021, vol. 42, no. 4, pp. 459—468 (in Russian).  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-459-468

# Model for Calculating the Mean Temperature on the Friction Area of a Disc Brake

Aleksander Yevtushenko and Katarzyna Topczewska

Bialystok University of Technology,  
45C, Wiejska Street, 15-351 Bialystok, Poland

Received 02.03.2021.

Revised 17.08.2021.

Accepted 20.08.2021.

## Abstract

The calculation scheme for determining the temperature mode of the disc brake with taking into account the change of the contour contact area during braking was proposed. For this purpose, the exact solutions of the initial problem of motion and the corresponding heat problem of friction were obtained. On their basis, formulas were obtained in the analytical forms for calculating the evolution of the sliding speed, specific power and work of friction, and the mean temperature on the contact area. The thermal sensitivity of the friction pair materials was taken into account by introducing into the calculation the values of the thermal conductivity and the specific heat capacity at the volumetric temperature. Numerical analysis was performed for a brake with discs made from Termar-ADF carbon composite friction material. The values of such characteristics as speed, braking duration, maximum and volumetric temperatures, found with and without taking into account the change in the contour contact area, were compared. Performed comparison analysis allowed to determine the influence of contour friction area changes on the evolution of mean temperature during braking. It was found that the level of the temperature calculated with consideration of the friction contour surface increase during braking, is higher. Despite the fact that the average contact area is equal and the compared braking processes take place at practically the same time. During the analysis, the influence of the change of the apparent contact surface area on the temperature time profile was also examined. It was noticed that a larger apparent area of contact causes a decrease in the value of the maximum temperature achieved and the time of reaching it.

**Keywords:** braking, friction heating, temperature, contour contact area, disc brake.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-4-459-468

---

### Адрес для переписки:

А. Евтушенко  
Белостокский технический университет,  
ул. Вейска 45C, Белосток 15-351, Польша  
e-mail: a.yevtushenko@pb.edu.pl

### Для цитирования:

А. Евтушенко, К. Топчевска.  
Влияние изменения со временем контурной площади контакта на температуру при торможении.  
Трение и износ.  
2021. — Т. 42, № 4. — С. 459—468.  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-459-468

### Address for correspondence:

Aleksander Yevtushenko  
Bialystok University of Technology,  
45C, Wiejska Street, 15-351 Bialystok, Poland  
e-mail: a.yevtushenko@pb.edu.pl

### For citation:

Aleksander Yevtushenko and Katarzyna Topczewska.  
[Model for Calculating the Mean Temperature on the Friction Area of a Disc Brake].  
Trenie i Iznos.  
2021, vol. 42, no. 4, pp. 459—468 (in Russian).  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-4-459-468

## Список использованных источников

1. Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. — М.: Машиностроение. — 1977
2. Чичинадзе А.В. Расчет и исследование внешнего трения при торможении. — М.: Наука. — 1967
3. Чичинадзе А.В., Браун Э.Д., Гинзбург А.Г., Игнатьева З.В. Расчет, испытание и подбор фрикционных пар. — М.: Наука. — 1979
4. Коровчинский М.В. Основы теории термического контакта при локальном трении // Новое в теории трения. — М.: Наука, 1966, 98—145
5. Грилицкий Д.В. Термоупругие контактные задачи в трибологии. — Киев: Ин-т содержания и методики обучения. — 1996
6. Балакин В.А., Сергиенко В.П. Тепловые расчеты тормозов и узлов трения. — Гомель: ИММС НАНБ. — 1999
7. Крагельский И.В., Виноградова И.Э. Коэффициенты трения. — М: Mashgiz. — 1962
8. Богданович П.Н., Прушак В.Я. Трение и износ в машинах. — Минск: Вышэйшая школа. — 1999
9. Чичинадзе А.В., Кожемякина В.Д., Суворов А.В. Методика расчета температурного поля в модельных кольцевых образцах при двустороннем трении на новой универсальной машине трения ИМ-58-Т2 применительно к многодисковым тормозам самолетов // Трение и износ. — 2010 (31), № 1, 38—47
10. Чичинадзе А.В., Кожемякина В.Д., Суворов А.В. Определение температурного поля в тормозных дисках самолетов из углеродного фрикционного материала (УФКМ) // Трение и смазка в машинах и механизмах. — 2010, № 5, 27—32
11. Лыков А.В. Теория теплопроводности. — М.: Вышш. школа. — 1967
12. Топчевска К. Влияние продолжительности увеличения контактного давления при торможении на температуру трибосистемы накладка-диск // Физ.-хим. механика материалов. — 2017 (53), № 2, 107—114
13. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маричев О.И. Интегралы и ряды. Элементарные функции. — М.: Наука. — 1981
14. Абрамович М., Стиган И. Справочник по специальным функциям. — М.: Наука. — 1979
15. Barber J.R. and Martin-Moran C.J. Green's Functions for Transient Thermoelastic Contact Problems for the Half-Space // Wear. — 1982 (79), no. 1, 11—19
16. Евтушенко А., Кучей М., Топчевска К. Максимальная температура трибосистемы накладка-диск при одноразовом торможении // Физ.-хим. механика материалов. — 2020 (56), № 2, 14—20

## References

1. Dobychin M.N., Kombalov V.S. Osnovy raschetov na trenie i iznos. — M.: Mashinostroenie. — 1977 (in Russian)
2. Chichinadze A.V. Calculation and study of surface friction in braking. — Nauka, Moscow. — 1967 (in Russian)
3. Chichinadze A.V., Braun E.D., Ginzburg A.G., Ignat'eva E.V. Calculation, testing, and selection of frictional pairs. — Nauka, Moscow. — 1979 (in Russian)
4. Korovchinskii M.V. Osnovy teorii termicheskogo kontakta pri lokal'nom trenii. // Novoe v teorii treniya. — Nauka, Moscow. — 1966, 98—145 (in Russian)
5. Grilickii D.V. Termouprugie kontaknye zadachi v tribiologii. — Kiev: Institut soderzhaniya i metodiki obuchenia. — 1996 (in Russian)
6. Balakin, V.A. Sergienko, V.P., Teplovye raschety tormozov i uzlov treniya. — Gomel: IMMS NANB. — 1999 (in Russian)
7. Karagel'skii I.V. Vinogradova I.E. Koeficient trenia. — M: Mashgiz. — 1962 (in Russian)
8. Bogdanovich P.N., Prushak V.Y. Trenie i iznos v mashinakh. — Minsk: Vyshaya shkola. — 1999 (in Russian)
9. Chichinadze A.V., Kozhemjakina V.D., and Suvorov A.V. Method of Temperature-Field Calculation in Model Ring Specimens during Bilateral Friction in Multidisc Aircraft Brakes with IM-58-T2 New Multipurpose Friction Machine // Journal Friction and Wear. — 2010 (31), no. 1, 23—32
10. Chichinadze A.V., Kozhemjakina V.D., Suvorov A.V. Opredelenie temperaturnogo pola v tormoznykh diskah samolotov iz uglerodnogo frikcionogo materiala (UFKM) // Trenie i smazka v mashinah i mehanizmakh. — 2010, no. 5, 27—32 (in Russian)
11. Lykov A.V. Teoriya teploprovodnosti. — Moscow: Vyshaya shkola. — 1967 (in Russian)
12. Topczewska K. Influence of the Friction Power on Temperature in the Process of Braking // Materials Science. — 2017 (53), no. 2, 235—242
13. Prudnikov A.P., Brychkov Yu.A., and Marichev O.I. Integrals and Series, Elementary Functions. — New York: Gordon and Breach. — 1986
14. Abramowitz M. and Stegun I. Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs and Mathematical Tables. — Washington: Bureau of Standards. — 1964
15. Barber J.R. and Martin-Moran C.J. Green's Functions for Transient Thermoelastic Contact Problems for the Half-Space // Wear. — 1982 (79), no. 1, 11—19
16. Evtushenko O., Kuciej M., and Topczewska K. Determination of the Maximal Temperature of a Pad-Disk Tribosystem during One-Time Braking // Materials Science. — 2020 (56), no. 2, 152—159

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в редакцию журнала.  
Адрес редакции: 246050, ул. Кирова 32а, г. Гомель, Беларусь Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11  
*Full text of articles can be purchased from the editorial office.*  
*Address: 32a Kirov Street, Gomel, Belarus, 246050 Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11*  
E-mail: [FWJ@tut.by](mailto:FWJ@tut.by)