

УДК 621.891:622.87

## Минимизация износа фрикционной накладки, ослабленной трещиной

В.М. Мирсалимов, Ф.Ф. Гасанов

Азербайджанский технический университет,  
просп. Г. Джавида, 25, г. Баку AZ1073, Азербайджан

Поступила в редакцию 31.01.2022.

После доработки 20.06.2022.

Принята к публикации 21.06.2022.

В представленной работе теоретически находится решение задачи по отысканию микрогеометрии поверхности трения, обеспечивающей равномерный износ фрикционной накладки тормозного механизма и неподвижность имеющейся в материале трещины. Как известно, фрикционная пара тормозного механизма изнашивается неравномерно, поэтому целесообразно уменьшить износ там, где его значение максимально. Достигнуть этой цели возможно применяя конструкторско-технологические методы на этапах проектирования и изготовления фрикционной пары, если известна оптимальная микрогеометрия поверхности трения пары. Искомая оптимальная микрогеометрия поверхности трения фрикционной пары должна также препятствовать росту возможных трещин в материале. Поставленная задача оптимизации решается с помощью модели шероховатой поверхности трения. Используя методы возмущений, теории аналитических функций, наименьших квадратов задача сводится к задаче на условный экстремум функции многих переменных. Была построена замкнутая система алгебраических уравнений, позволяющая получить решение задачи оптимизации для фрикционной пары «накладка—тормозной барабан» в зависимости от характеристик её элементов. Найденная микрогеометрия поверхности трения обеспечивает повышение износостойкости и несущей способности фрикционной накладки тормозного механизма автомобиля.

**Ключевые слова:** фрикционная пара, накладка, барабан, равномерный износ, шероховатость, оптимальная микрогеометрия поверхности трения, коэффициенты интенсивности напряжений.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-3-318-326

---

**Адрес для переписки:**

Ф.Ф. Гасанов  
Азербайджанский технический университет,  
просп. Г. Джавида, 25, г. Баку AZ1073, Азербайджан  
e-mail: hff74@mail.ru

---

**Address for correspondence:**

F.F. Hasanov  
Azerbaijan Technical University,  
H. Javid ave., 25, Baku AZ 1073, Azerbaijan  
e-mail: hff74@mail.ru

---

**Для цитирования:**

В.М. Мирсалимов, Ф.Ф. Гасанов.  
Минимизация износа фрикционной накладки, ослабленной трещиной.  
Трение и износ.  
2022. – Т. 43, № 3. – С. 318–326.  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-3-318-326

---

**For citation:**

V.M. Mirsalimov and F.F. Hasanov.  
[Wear Minimization for Friction Lining Weakened by a Crack].  
Trenie i Iznos.  
2022, vol. 43, no. 3, pp. 318–326 (in Russian).  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-3-318-326

# Wear Minimization for Friction Lining Weakened by a Crack

V.M. Mirsalimov and F.F. Hasanov

Azerbaijan Technical University,  
H. Javid ave., 25, Baku AZ 1073, Azerbaijan

Received 31.01.2022.

Revised 20.06.2022.

Accepted 21.06.2022.

## Abstract

In the presented work, a theoretical solution is found to the problem of finding the optimal friction surface microgeometry for a friction lining of the brake mechanism. The found microgeometry provides uniform wear of the friction lining and the non-growth of the crack in the material. As is known, the friction pair of the brake mechanism wears out unevenly, so it is advisable to reduce the wear where its value is greatest. If the optimal microgeometry of the friction surface of the pair is known it is possible to achieve this goal using methods of designing and technological methods at the stages of the design and manufacturing of a friction pair. The desired optimal microgeometry of the friction surface of the pair should also prevent the growth of possible cracks in the material. The stated optimization problem is solved using the model of a rough friction surface. Using the perturbation method, the methods of the theory of analytic functions, and the least-squares method, the problem is reduced to conditional extremum problem for a function of many variables. A closed system of algebraic equations is constructed, which allows one to obtain the solution of the optimization problem for the “lining—drum” friction pair depending on its characteristics. The found microgeometry of the friction surface provides an increase of the wear resistance and bearing capacity for the friction lining of the brake mechanism of a vehicle.

**Keywords:** friction pair, lining, drum, uniform wear, roughness, optimal friction surface microgeometry, stress intensity factors.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-3-318-326

---

### Адрес для переписки:

Ф.Ф. Гасанов  
Азербайджанский технический университет,  
просп. Г. Джавида, 25, г. Баку AZ1073, Азербайджан  
e-mail: hff74@mail.ru

### Для цитирования:

В.М. Мирсалимов, Ф.Ф. Гасанов.  
Минимизация износа фрикционной накладки, ослабленной трещиной.  
Трение и износ.  
2022. – Т. 43, № 3. – С. 318–326.  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-3-318-326

---

### Address for correspondence:

F.F. Hasanov  
Azerbaijan Technical University,  
H. Javid ave., 25, Baku AZ 1073, Azerbaijan  
e-mail: hff74@mail.ru

### For citation:

V.M. Mirsalimov and F.F. Hasanov.  
[Wear Minimization for Friction Lining Weakened by a Crack].  
*Trenie i Izнос*.  
2022, vol. 43, no. 3, pp. 318–326 (in Russian).  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-3-318-326

## Список использованных источников

1. **Мирсалимов В.М., Ахундова П.Э.** Минимизация абразивного износа внутренней поверхности втулки фрикционной пары // Трение и износ. — 2016 (37), № 5, 551—557
2. **Mirsalimov V.M. and Akhundova P.E.** Inverse Wear Contact Problem of the Friction Unit // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: J. Mech. Eng. Science. — 2018 (232), no. 22, 4216—4226
3. **Mirsalimov V.M. and Akhundova P.E.** Optimum Problem on Wear Decrease for a Hub of Friction Pair // Mechanics of Advanced Materials and Structures. — 2020 (27), no. 5, 353—363
4. **Балакин В.А., Сергиенко В.П., Лысенко Ю.В.** Оптимизация конструкций вентилируемых тормозов автомобилей // Трение и износ. — 2004 (25), № 5, 474—480
5. **Барановський Д.М.** Підвищення довговічності дизелів із застосуванням оптимальної мікрогеометрії трибосистеми «гільза-кільце» // Автомобільний транспорт. — 2010, № 26, 81—84
6. **Валетов В.А.** Проблемы оптимизации микрогеометрии поверхностей деталей для обеспечения их конкретных функциональных свойств // Известия вузов. Приборостроение. — 2015 (58), № 4, 250—267
7. **Поляков П.А., Федотов Е.С., Полякова Е.А.** Метод проектирования современных тормозных механизмов с сервоусилением // Вестник Иркут. техн. ун-та. — 2017 (21), № 7, 39—50
8. **Мирсалимов В.М., Ахундова П.Э.** Оптимальное проектирование фрикционной пары втулка-плунжер // Трение и износ. — 2017 (38), № 5, 454—460
9. **Le Gigan G.** Improvement in the Brake Disc Design for Heavy Vehicles by Parametric Evaluation // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: J. Automobile Eng. — 2017 (231), no. 14, 1989—2004
10. **Мирсалимов В.М., Ахундова П.Э.** Оптимальное проектирование узла трения с равномерным контактным давлением // Трение и износ. — 2019 (40), № 6, 740—749
11. **Мирсалимов В.М., Гасанов Ш.Г., Гейдаров Ш.Г.** Износостойкая задача о вдавливании колодки с фрикционной накладкой в поверхность барабана // Сб. тр. XII между. науч.-техн. конф., посв. 80-летию ИМАШ РАН «Трибология — машиностроению». Москва — Ижевск: Институт компьютерных исследований, — 2018, 341—344
12. **Горячева И.Г.** Механика фрикционного взаимодействия. — М.: Наука. — 2001
13. **Паркус Г.** Неустановившиеся температурные напряжения. — М.: Физматлит. — 1963
14. **Мухелишвили Н.И.** Некоторые основные задачи математической теории упругости. — М.: Наука. — 1966

15. **Панасюк В.В., Саврук М.П., Дацьшин А.П.** Распределение напряжений около трещин в пластинах и оболочках. — Киев: Наукова думка. — 1976

## References

1. **Mirsalimov V.M. and Akhundova P.E.** Minimization of Abrasive Wear for the Internal Surface of the Hub of a Friction Pair // Journal of Friction and Wear. — 2016 (37), no. 5, 424—429
2. **Mirsalimov V.M. and Akhundova P.E.** Inverse Wear Contact Problem of the Friction Unit // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: J. Mech. Eng. Science. — 2018 (232), no. 22, 4216—4226
3. **Mirsalimov V.M. and Akhundova P.E.** Optimum Problem on Wear Decrease for a Hub of Friction Pair // Mechanics of Advanced Materials and Structures. — 2020 (27), no. 5, 353—363
4. **Balakin V.A., Sergienko V.P., and Lysenok Yu.V.** Design Optimization for Ventilated Car Brake // Journal of Friction and Wear. — 2004 (25), no. 5, 19—25
5. **Baranovskiy D.M.** Rise of longevity of diesels with application of optimum microgeometry of “shellring” tribosystems // Automobile Transport. — 2010, no. 26, 81—84 (in Ukrainian)
6. **Valetov V.A.** Problems of optimization of workpiece surface microgeometry to ensure specific functional properties // Journal of Instrument Engineering. — 2015 (58), № 4, 250—267 (in Russian)
7. **Polyakov P.A., Fedotov E.S., Polyakova E.A.** Design method of modern servo-assisted brake mechanisms // Proceedings of Irkutsk State Technical University. 2017 (21), № 7, 39—50 (in Russian)
8. **Mirsalimov V.M. and Akhundova P.E.** Optimal Design of a Frictional Pair of a Hub—Plunger // Journal of Friction and Wear. — 2017 (38), no. 5, 384—389
9. **Le Gigan G.** Improvement in the Brake Disc Design for Heavy Vehicles by Parametric Evaluation // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: J. Automobile Eng. — 2017 (231), no. 14, 1989—2004
10. **Mirsalimov V.M. and Akhundova P.E.** The Optimal Design of a Friction Unit with Uniform Contact Pressure // Journal of Friction and Wear. — 2019 (40), no. 6, 562—568
11. **Mirsalimov V.M., Hasanov Sh.G., Heidarov Sh.G.** Wear-contact problem of pressing of brake shoe with friction lining into drum surface // XII International scientific conference “Tribology for Mechanical Engineering” dedicated to the 80th anniversary of IMASH RAS. Moscow — Izhevsk: Institute of Computer Research. — 2018, 341—344 (in Russian)
12. **Goryacheva I.G.** Mechanics of frictional interaction. — Moscow: Nauka. — 2001 (in Russian)
13. **Parkus H.** Transient thermal stresses. — Moscow:

Fizmatgiz. — 1963 (in Russian)  
14. **Muskhelishvili N.I.** Some Basic Problems of Mathematical Theory of Elasticity. — Dordrecht: Springer. — 1977

15. **Panasyuk V.V., Savruk M.P., Datsyshyn A.P.** Stress distribution around cracks in plates and shells. — Kiev: Naukova Dumka. — 1976 (in Russian)

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)