

УДК 621.891:622.87

## Влияние износа на частичное закрытие щели переменной ширины во втулке фрикционной пары

В.М. Мирсалимов<sup>1</sup>, П.Э. Ахундова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Азербайджанский технический университет,  
просп. Г. Джавида, 25, г. Баку AZ1073, Азербайджан

<sup>2</sup>Азербайджанский государственный экономический университет (UNEC),  
ул. Истиглалият, 6, г. Баку AZ1001, Азербайджан

Поступила в редакцию 27.10.2020.

После доработки 02.08.2021.

Принята к публикации 16.08.2021.

При проектировании конструкций подвижных сопряжений необходимо учитывать, что отдельные узлы фрикционных пар (втулка) могут быть ослаблены трещиной (щелью). Чтобы рассчитать оптимальную функцию перемещений точек внешнего контура втулки, ослабленной щелью (трещиной), в представленной статье дана математическая модель контактного взаимодействия и изнашивания для пары трения «втулка—плунжер». Оптимальной считается та функция перемещений точек, при которой берега щели сомкнутся, то есть щель останется неподвижной. Рассмотрена плоская задача механики разрушения для втулки фрикционной пары в процессе работы. Считается, что во втулке вблизи поверхности трения имеется прямолинейная щель переменной ширины, сравнимой с упругими деформациями. Дан критерий и метод решения обратной задачи механики разрушения по определению функции перемещений точек внешнего контура втулки фрикционной пары с учётом перепада температуры во втулке. Полученные уравнения дают возможность, определяя коэффициенты интенсивности напряжений, при заданной функции перемещений точек внешнего контура втулки прогнозировать рост щели и установить предельный уровень дефектности и максимальные значения рабочих нагрузок. Найденная функция перемещений точек внешнего контура втулки обеспечивает повышение несущей способности втулки фрикционной пары. Решение обратной задачи по определению функции перемещений точек внешнего контура втулки позволяет выбирать на стадии проектирования оптимальные геометрические параметры элементов пары трения.

**Ключевые слова:** фрикционная пара, втулка, плунжер, щель переменной ширины, температурное поле, смыкание берегов щели, функция перемещений внешнего контура втулки.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-4-478-486

---

**Адрес для переписки:**

В.М. Мирсалимов  
Азербайджанский технический университет,  
просп. Г. Джавида, 25, г. Баку AZ1073, Азербайджан  
e-mail: mir-vagif@mail.ru

**Для цитирования:**

В.М. Мирсалимов, П.Э. Ахундова.  
Влияние износа на частичное закрытие щели переменной ширины  
во втулке фрикционной пары.  
Трение и износ.  
2021. – Т. 42, № 4. – С. 478–486.  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-4-478-486

---

**Address for correspondence:**

V.M. Mirsalimov  
Azerbaijan Technical University,  
H. Javid ave., 25, Baku AZ 1073, Azerbaijan  
e-mail: mir-vagif@mail.ru

**For citation:**

V.M. Mirsalimov and P.E. Akhundova.  
[Effect of Wear on Partial Closure of Variable Width Slit in Hub of a  
Friction Pair].  
Trenie i Iznos.  
2021, vol. 42, no. 4, pp. 478–486 (in Russian).  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-4-478-486

# Effect of Wear on Partial Closure of Variable Width Slit in Hub of a Friction Pair

V.M. Mirsalimov<sup>1</sup> and P.E. Akhundova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Azerbaijan Technical University,  
H. Javid ave., 25, Baku AZ 1073, Azerbaijan.

<sup>2</sup>Azerbaijan State University of Economics,  
Istiqlaliyyat, 6, Baku AZ 1001, Azerbaijan

Received 27.10.2020.

Revised 02.08.2021.

Accepted 16.08.2021.

## Abstract

When designing the structures of traveling joints, it is necessary to take into account that individual units of the friction pairs (hub) can be weakened by a crack (slit). To calculate the optimal function of displacements of points of the external contour of the hub, weakened by the slit (crack), the present article gives a mathematical model of contact interaction and wear for the hub—plunger friction pair. The function of displacements of points at which the slit faces will close, i.e. the slit will not grow, is the optimal function. A plane problem of fracture mechanics is considered for a hub of a friction pair during operation. It is assumed that near the friction surface the hub has a rectilinear slit of variable width comparable with elastic deformations. A criterion and method for solving the inverse problem of fracture mechanics on definition the function of displacements of points of the hub external contour with regard to temperature drop in the hub is given. The obtained equations make it possible, by determining the stress intensity factors, for given function of displacements of points of the external contour of the hub, to predict the slit growth and to establish limit level of defectiveness and maximum values of the working loads. The found function of displacements of points of the hub external contour provides increase of load-carrying capacity of the friction pair. The solution of the inverse problem of determining the function of displacement of points of the external contour of the hub makes it possible to choose optimal geometric parameters of the friction pair elements at the design stage.

**Keywords:** friction pair, hub, plunger, rectilinear slit, temperature field, closing of slit faces, function of displacement of hub external contour.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-4-478-486

---

### Адрес для переписки:

В.М. Мирсалимов  
Азербайджанский технический университет,  
просп. Г. Джавида, 25, г. Баку AZ1073, Азербайджан  
e-mail: mir-vagif@mail.ru

### Для цитирования:

В.М. Мирсалимов, П.Э. Ахундова.  
Влияние износа на частичное закрытие щели переменной ширины  
во втулке фрикционной пары.  
Трение и износ.  
2021. — Т. 42, № 4. — С. 478—486.  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-4-478-486

---

### Address for correspondence:

V.M. Mirsalimov  
Azerbaijan Technical University,  
H. Javid ave., 25, Baku AZ 1073, Azerbaijan  
e-mail: mir-vagif@mail.ru

### For citation:

V.M. Mirsalimov and P.E. Axundova.  
[Effect of Wear on Partial Closure of Variable Width Slit in Hub of a  
Friction Pair].  
*Trenie i Iznos*.  
2021, vol. 42, no. 4, pp. 478—486 (in Russian).  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-4-478-486

## Список использованных источников

1. **Горячева И.Г.** Механика фрикционного взаимодействия. — М.: Наука. — 2001
2. **Балакин В.А., Сергиенко В.П., Лысенко Ю.В.** Оптимизация конструкций вентилируемых тормозов автомобилей // Трение и износ. — 2004 (25), № 5, 474—584
3. **Балакин В.А., Сергиенко В.П., Иванов А.А., Чаус В.П.** Расчет оптимальной площади контактной поверхности фрикционных накладок в тормозах автомобилей // Трение и износ. — 2006 (27), № 3, 285—289
4. **Мирсалимов В.М., Ахундова П.Э.** Оптимальное проектирование фрикционной пары втулка-плунжер // Трение и износ. — 2017 (38), № 5, 454—460
5. **Мирсалимов В.М., Ахундова П.Э.** Минимизация теплового состояния втулки фрикционной пары с помощью критерия равномерного распределения температуры на поверхности трения // Трение и износ. — 2018 (39), № 5, 514—522
6. **Мирсалимов В.М., Ахундова П.Э.** Оптимальное проектирование узла трения с равномерным контактным давлением // Трение и износ. — 2019 (40), № 6, 740—749
7. **Мирсалимов В.М.** Моделирование закрытия трещины со связями между берегами во втулке контактной пары // Изв. РАН. Механика твердого тела. — 2009 (44), № 2, 78—92
8. **Мухелишвили Н.И.** Некоторые основные задачи математической теории упругости. — М.: Наука. — 1966
9. **Паркус Г.** Неустановившиеся температурные напряжения. □ М.: Физматлит. □ 1963
10. **Panasyuk V.V., Savruk M.P., and Datsyshyn A.P.** A General Method of Solution of Two-Dimensional Problems in the Theory of Cracks // Engineering Fracture Mechanics. — 1977 (9), no. 2, 481—497
11. **Панасюк В.В., Саврук М.П., Дацышин А.П.** Распределение напряжений около трещин в пластине и оболочках. — Киев: Наукова думка. — 1976

## References

1. **Goryacheva I.G.** Mechanics of frictional interaction. — Moscow: Nauka. — 2001 (in Russian)
2. **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, 474—584 (in Russian)
3. **Balakin V.A., Sergienko V.P., Ivanov A.A., and Chaus V.P.** Calculation of Optimal Area of Contact Surface of Frictional Linings in Automobile Brakes // Journal of Friction and Wear. — 2006 (27), no. 3, 285—289 (in Russian)
4. **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
5. **Mirsalimov V.M. and Akhundova P.E.** Minimization of the Thermal State of the Hub of a Frictional Pair Using the Criterion of Uniform Temperature Distribution on a Friction Surface // Journal of Friction and Wear. — 2018 (39), no. 5, 405—411
6. **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
7. **Mirsalimov V.M.** Simulation of Bridged Crack Closure in a Contact Pair Bushing // Mechanics of Solids. — 2009 (44), no. 2, 232—243
8. **Muskhelishvili N.I.** Some Basic Problems of Mathematical Theory of Elasticity. — Dordrecht: Springer. — 1977
9. **Parkus H.** Transient Thermal Stresses. — Moscow: Fizmatgiz. — 1963 (in Russian)
10. **Panasyuk V.V., Savruk M.P., and Datsyshyn A.P.** A General Method of Solution of Two-Dimensional Problems in the Theory of Cracks // Engineering Fracture Mechanics. — 1977 (9), no. 2, 481—497
11. **Panasyuk V.V., Savruk M.P., and 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)