

УДК 531.43

## О некоторых критериях, характеризующих изнашивание при фреттинге

В.В. Измайлов, М.В. Новоселова

Тверской государственный технический университет,  
наб. Аф. Никитина, 22, г. Тверь 170026, Россия

Поступила в редакцию 28.05.2024.

После доработки 10.10.2024.

Принята к публикации 14.10.2024.

На базе механики дискретного контакта шероховатых поверхностей деталей машин предложены количественные критерии, определяющие границы режимов изнашивания при фреттинге. Физическим обоснованием критериев служит соотношение амплитуды тангенциальных колебательных смещений контактирующих тел и характерных линейных величин, связанных с размерами площадок фактического контакта соприкасающихся поверхностей. Характеризовать режимы изнашивания при фреттинге удобно с помощью карт, на которых в координатах амплитуда колебаний/нормальная контактная нагрузка (или номинальное контактное давление) показаны границы областей соответствующих режимов. Экспериментально показано влияние режима изнашивания на ресурс одного из распространённых видов контактных соединений, подверженных фреттинг-изнашиванию, а именно — электрических контактов. С помощью карты режимов фреттинг-изнашивания проанализировано влияние амплитуды тангенциальных колебаний и нормальной нагрузки на зависимость контактного электросопротивления от числа циклов колебаний при различных режимах. Показано принципиальное отличие этой зависимости в режиме фреттинг-изнашивания и при обычном возвратно-поступательном движении контактирующих поверхностей. Предложенные критерии режимов фреттинг-изнашивания и их наглядное представление в виде карт режимов изнашивания позволяют прогнозировать механизм изнашивания данного контактного соединения. Понимание механизма изнашивания позволяет обоснованно выбрать материалы контактирующих деталей и параметры контактного соединения (контактное давление, контактную жесткость) для обеспечения надежности фрикционных соединений, в том числе электроконтактных, в условиях изнашивания при фреттинге.

**Ключевые слова:** изнашивание при фреттинге, критерии режимов изнашивания, карты режимов изнашивания, электрические контакты, контактное падение напряжения.

DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-5-392-401

---

**Адрес для переписки:**

В.В. Измайлов  
Тверской государственный технический университет,  
наб. Аф. Никитина, 22, г. Тверь 170026, Россия  
e-mail: iz2v2@mail.ru

**Для цитирования:**

В.В. Измайлов, М.В. Новоселова.  
О некоторых критериях, характеризующих изнашивание при фреттинге.  
Трение и износ.  
2024. — Т. 45, № 5. — С. 392—401.  
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-5-392-401

---

**Address for correspondence:**

V.V. Izmailov  
Tver State Technical University,  
Af. Nikitin embankment, 22, Tver 170026, Russia  
e-mail: iz2v2@mail.ru

**For citation:**

V.V. Izmailov and M.V. Novoselova.  
[On Some Criteria Defining Fretting Wear].  
Trenie i Iznos.  
2024, vol. 45, no. 5, pp. 392—401 (in Russian).  
DOI: 10.32864/0202-4977-2024-45-5-392-401

# On Some Criteria Defining Fretting Wear

V.V. Izmailov and M.V. Novoselova

Tver State Technical University,  
Af. Nikitin embankment, 22, Tver 170026, Russia

Received 28.05.2024.

Revised 10.10.2024.

Accepted 14.10.2024.

## Abstract

Based on the mechanics of discrete contact of rough surfaces of machine parts, quantitative criteria are proposed that determine the boundaries of fretting wear regimes. The physical foundation of these criteria is the ratio of the amplitude of tangential oscillatory displacements of contacting bodies and characteristic linear quantities associated with the dimensions of the real contact areas of the contacting surfaces. It is convenient to characterize fretting wear regimes using maps on which the boundaries of the areas of the corresponding regimes are shown in the coordinates: oscillation amplitude/normal contact load (or nominal contact pressure). The influence of the wear regime on the life of one of the common types of connections subject to fretting wear, namely electrical contacts, has been shown experimentally. Using a map of fretting wear regimes, the influence of the amplitude of tangential oscillations and normal load on the dependence of the contact electrical resistance on the number of oscillation cycles under different regimes was analyzed. The fundamental difference between this dependence in the fretting wear regime and in the normal reciprocating sliding of contacting surfaces is shown. The proposed criteria of fretting wear modes and their visual representation in the form of wear mode maps allow predicting the wear mechanism of a given contact joint. Understanding the wear mechanism allows for a reasonable choice of materials for contacting parts and contact joint parameters (contact pressure, contact rigidity) to ensure the reliability of friction joints, including electrical contacts, under fretting wear conditions.

**Keywords:** fretting wear, criteria for wear regimes, maps of wear regimes, electrical contacts, contact voltage drop.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2024-45-5-392-401

---

### Адрес для переписки:

В.В. Измайлов  
Тверской государственный технический университет,  
наб. Аф. Никитина, 22, г. Тверь 170026, Россия  
e-mail: iz2v2@mail.ru

### Для цитирования:

В.В. Измайлов, М.В. Новоселова.  
О некоторых критериях, характеризующих изнашивание при  
фреттинге.  
Трение и износ.  
2024. — Т. 45, № 5. — С. 392—401.  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2024-45-5-392-401

---

### Address for correspondence:

V.V. Izmailov  
Tver State Technical University,  
Af. Nikitin embankment, 22, Tver 170026, Russia  
e-mail: iz2v2@mail.ru

### For citation:

V.V. Izmailov and M.V. Novoselova.  
[On Some Criteria Defining Fretting Wear].  
Trenie i Iznos.  
2024, vol. 45, no. 5, pp. 392—401 (in Russian).  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2024-45-5-392-401

## Список использованных источников

1. **Мышкин Н.К., Петроковец М.И.** Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии. — М.: ФИЗМАТЛИТ. — 2007
2. **Мышкин Н.К., Кончиц В.В., Браунович М.** Электрические контакты. — Долгопрудный: Интеллект. — 2008
3. **Bhushan B.** Introduction to Tribology. — John Wiley & Sons, Ltd. — 2013
4. **Хопин П.Н., Шишкин С.В.** Трибология: учебник для вузов. — М.: Юрайт. — 2021
5. **Vingsbo O. and Soderberg S.** On Fretting Maps // Wear. — 1988 (126), no. 2, 131—147. doi.org/10.1016/0043-1648(88)90134-2
6. **Liskiewicz T., Dini D., and Liu Yanfei.** Transition Criteria and Mapping Approaches // Fretting Wear and Fretting Fatigue. Fundamental Principles and Applications / T. Liskiewicz and D. Dini (Eds.). — Elsevier Inc. — 2023, 37—44
7. **Popov V.L.** Contact Mechanics and Friction: Physical Principles and Applications. — Berlin: Springer-Verlag GmbH. — 2017
8. **Kapsa P., Fouvry S., and Vincent L.** Basic Principles of Fretting // Wear – Materials, Mechanisms and Practice / G. Stachowiak (Ed.). — John Wiley & Sons, Ltd. — 2005, 317—338
9. **Дыха А.В., Заспа Ю.П., Слащук В.А.** Трибоакустический контроль процесса фреттинга // Трение и износ. — 2018 (39), no. 2, 213—216
10. **Измайлов В.В., Новоселова М.В.** Физические основы контактного взаимодействия, трения и изнашивания: монография. — Тверь: Тверской государственный технический университет. — 2024
11. **Иванов А.С.** Конструирование машин. Развитие основ. Прочность, жесткость, надежность: учеб. пособие для вузов. — СПб.: Политехника. — 2021
12. **Измайлов В.В.** Контактное взаимодействие поверхностей в условиях малых тангенциальных перемещений // Трение и износ. — 2013 (34), № 2, 120—128
13. **Varenberg M., Etsion I., and Halperin G.** Slip Index: a New Unified Approach to Fretting // Tribology Letters. — 2004 (17), no. 3, 569—573. doi.org/10.1023/B:TRIL.0000044506.98760.f9
14. **Argatov I.I. and Chai Y.S.** A Theoretical Justification of the Slip Index Concept in Fretting Analysis // Friction. — 2023 (11), no. 7, 1265—1275
15. **Dini D. and Liskiewicz T.** Contact Mechanics in fretting // Fretting Wear and Fretting Fatigue. Fundamental Principles and Applications / T. Liskiewicz and D. Dini (Eds.). — Elsevier Inc. — 2023, 31—37

## References

1. **Myshkin N.K., Petrokovets M.I.** Treniye, smazka, iznos. Fizicheskiye osnovy i tekhnicheskiye prilozheniya tribologii. — M.: FIZMATLIT. — 2007 (in Russian)
2. **Braunovic M., Konchits V.V., and Myshkin N.K.** Electrical Contacts. Fundamentals, Applications and Technology. — CRC Press. — 2007
3. **Bhushan B.** Introduction to Tribology. — John Wiley & Sons, Ltd. — 2013
4. **Khopin P.N., Shishkin S.V.** Tribologiya: uchebnik dlya vuzov. — M.: Yurayt. — 2021 (in Russian)
5. **Vingsbo O. and Soderberg S.** On Fretting Maps // Wear. — 1988 (126), no. 2, 131—147. doi.org/10.1016/0043-1648(88)90134-2
6. **Liskiewicz T., Dini D., and Liu Yanfei.** Transition Criteria and Mapping Approaches // Fretting Wear and Fretting Fatigue. Fundamental Principles and Applications / T. Liskiewicz and D. Dini (Eds.). — Elsevier Inc. — 2023, 37—44
7. **Popov V.L.** Contact Mechanics and Friction: Physical Principles and Applications. — Berlin: Springer-Verlag GmbH. — 2017
8. **Kapsa P., Fouvry S., and Vincent L.** Basic Principles of Fretting // Wear – Materials, Mechanisms and Practice / G. Stachowiak (Ed.). — John Wiley & Sons, Ltd. — 2005, 317—338
9. **Dykha A.V., Zaspа Y.P., and Slashchuk V.O.** Triboacoustic Control of Fretting // Journal of Friction and Wear. — 2018 (39), no. 2, 169—172. doi.org/10.3103/S1068366618020046
10. **Izmailov V.V., Novoselova M.V.** Fizicheskiye osnovy kontaktnogo vzaimodeystviya, treniya i iznashivaniya: monografiya. — Tver': Tverskoy gosudarstvennyy tekhnicheskiy universitet. — 2024 (in Russian)
11. **Ivanov A.S.** Konstruirovaniye mashin. Razvitiye osnov. Prochnost', zhestkost', nadezhnost': ucheb. posobiye dlya vuzov. — SPb.: Politekhnikа. — 2021 (in Russian)
12. **Izmailov V.V.** Contact of Surfaces under Small Tangential Displacements // Journal of Friction and Wear. — 2013 (34), no. 2, 92—98. doi.org/10.3103/S1068366613020062
13. **Varenberg M., Etsion I., and Halperin G.** Slip Index: a New Unified Approach to Fretting // Tribology Letters. — 2004 (17), no. 3, 569—573. doi.org/10.1023/B:TRIL.0000044506.98760.f9
14. **Argatov I.I. and Chai Y.S.** A Theoretical Justification of the Slip Index Concept in Fretting Analysis // Friction. — 2023 (11), no. 7, 1265—1275. doi.org/10.1007/s40544-022-0662-1
15. **Dini D. and Liskiewicz T.** Contact Mechanics in Fretting // Fretting Wear and Fretting Fatigue. Fundamental Principles and Applications / T. Liskiewicz and D. Dini (Eds.). — Elsevier Inc. — 2023, 31—37

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)