

УДК 536, 621.891,531.43

## Структурно-энергетическая интерпретация трибосистемы

**С.В. Федоров**

*Калининградский государственный технический университет,  
Советский проспект, 1, г. Калининград 236022, Россия.*

*Поступила в редакцию 24.03.2020.*

*После доработки 19.01.2021.*

*Принята к публикации 19.01.2021.*

Статья посвящена общему структурно-энергетическому анализу феномена трения и размышлением о трибосистеме как центральном понятии трибологии. Трение исследуется как трансформационный энергетический процесс, который обладает системным свойством и подчиняется уравнению энергетического баланса. В качестве основного механизма трансформации и рассеяния энергии при трении принимается структурно-энергетическая модель упругопластической деформации контактных объёмов. Обозначается факт существование некоторого критического объёма трения. Рассматривается уравнение энергетического баланса трения, представляющее трение как конкуренцию двух одновременно действующих, взаимосвязанных и противоположных микропроцессов в контактном объёме: накопления скрытой (потенциальной) энергии различного рода дефектов кристаллической структуры и её трансформации и рассеяния. Даётся энергетическая интерпретация коэффициента трения и анализируются диаграммные закономерности структурно-энергетической эволюции трущихся поверхностей (контакта трения). Определяется область существования элементарной трибосистемы. Формулируются закономерности наиболее полной эволюции равновесного контакта трения (элементарной трибосистемы) к образованию совокупности механических (nano) квантов — трибоподсистем. Элементарная трибосистема определяется как целое, состоящее из множества. Обосновываются практические области диаграммного существования приработки и совместимости; диапазоны фрикционности и антифрикционности; пределы технологического и машинного трения.

**Ключевые слова:** трение, деформация, энергия, баланс, трансформация, эволюция, рассеяние, элементарная трибосистема, механический квант.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-2-186-195

---

*Адрес для переписки:*

С.В. Федоров  
Калининградский государственный технический университет,  
Советский проспект, 1, г. Калининград 236022, Россия  
e-mail: fedorov@kltu.ru

*Address for correspondence:*

S.V. Fedorov  
Kaliningrad State Technical University,  
Sovietsky Prospect, 1, Kaliningrad 236022, Russia  
e-mail: fedorov@kltu.ru

*Для цитирования:*

С.В. Федоров.  
Структурно-энергетическая интерпретация трибосистемы.  
Трение и износ.  
2021. — Т. 42, № 2. — С. 186—195.  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-2-186-195

*For citation:*

S.V. Fedorov.  
[Structural-Energy Interpretation of Tribosystem].  
*Trenie i Iznos.*  
2021, vol. 42, no. 2, pp. 186—195 (in Russian).  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-2-186-195

# Structural-Energy Interpretation of Tribosystem

S.V. Fedorov

Kaliningrad State Technical University,  
Sovietsky Prospect, 1, Kaliningrad 236022, Russia.

Received 24.03.2020.

Revised 19.01.2021.

Accepted 19.01.2021.

## Abstract

The article is devoted to the general structural-energy analysis of the phenomenon of friction and reflections on the tribosystem as the central concept of tribology. Friction is studied as a transformational energy process that has a systemic property and obeys the energy balance equation. The structural-energy model of elastic-plastic deformation of contact volumes is accepted as the main mechanism of transformation and energy dissipation during friction. The existence of a certain critical volume of friction is indicated. The equation of the energy balance of friction is considered, which represents friction as a competition of two simultaneously acting, interrelated and opposite micro-processes in the contact volume: the accumulation of latent (potential) energy of various defects of the crystal structure and its transformation and dissipation. The energy interpretation of the friction coefficient is given and the diagram regularities of the structural and energy evolution of rubbing surfaces (friction contact) are analyzed. The area of existence of an elementary tribosystem is determined. The regularities of the most complete evolution of the equilibrium friction contact (elementary tribosystem) to the formation of a multitude of mechanical (nano) quanta – tribosubsystems are formulated. An elementary tribosystem is defined as an integer consisting of a multitude. Practical areas of diagram existence of run-in and compatibility; ranges of frictionality and antifriction; limits of technological and machine friction are substantiated.

**Keywords:** friction, deformation, energy, balance, transformation, evolution, dissipation, elementary tribosystem, mechanical quantum.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2021-42-2-186-195

---

*Адрес для переписки:*

С.В. Федоров  
Калининградский государственный технический университет,  
Советский проспект, 1, г. Калининград 236022, Россия  
e-mail: fedorov@kltu.ru

*Address for correspondence:*

S.V. Fedorov  
Kaliningrad State Technical University,  
Sovietsky Prospect, 1, Kaliningrad 236022, Russia  
e-mail: fedorov@kltu.ru

---

*Для цитирования:*

С.В. Федоров.  
Структурно-энергетическая интерпретация трибосистемы.  
Трение и износ.  
2021. — Т. 42, № 2. — С. 186—195.  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-2-186-195

*For citation:*

S.V. Fedorov.  
[Structural-Energy Interpretation of Tribosystem].  
*Trenie i Iznos.*  
2021, vol. 42, no. 2, pp. 186–195 (in Russian).  
DOI: 10.32864/0202-4977-2021-42-2-186-195

## Список использованных источников

1. ГОСТ 27674-88. Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения. — М. — 1988
2. Фёдоров С.В. Основы трибоэргодинамики и физико-химические предпосылки теории совместимости. — Калининград: КГТУ. — 2003
3. Костецкий Б.И., Линник Ю.А. Исследование энергетического баланса при внешнем трении металлов // Машиноведение. — 1968, № 5, 82—94
4. Фёдоров В.В. Термодинамические аспекты прочности и разрушения твёрдых тел. — Ташкент: ФАН. — 1979
5. Fleischer G. 1. Die Tross'schen Erkenntnisse aus heutigen Sicht // Arnold-Tross-Kolloquium, Hamburg, am 10. Juni, 2005. — 2005, 215—242
6. Sadowski J. und Sarnowicz L. Beitrag zu kalorimetrischen Reibungswarmemessung // Tribologie + Schmierungstechnik. — 2019 (66), nu. 1, 34—41
7. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комболов В.С. Основы расчётов на трение и износ. — М.: Машиностроение. — 1977
8. Bowden F.P. and Tabor D. The Friction and Lubrication of Solids. — Oxford: Oxford University Press. — 2001
9. Фёдоров В.В. Кинетика повреждаемости и разрушения твёрдых тел. — Ташкент: ФАН. — 1985
10. Fedorov S. and Assenova E. Synergy and Self-Organization in Tribosystem's Evolution. Energy Model of Friction // 9<sup>th</sup> Int. Conf. on Tribology (Balkantrib'17) IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. — 2018
11. Fedorov S. Selforganized nano-quantum solid lubricant // Tribologue + Schmierungstechnik. — 2016 (63), nu. 3, 5—13

## References

1. GOST 27674-88. Treniye, iznashivaniye i smazka. Terminy i opredeleniya. — M. — 1988 (in Russian)
2. Fedorov S. V. Fundamentals of Triboergodynamics and Physico-chemical Prerequisites of Compatibility Theory. KGTU, Kaliningrad, 2003 (in Russian)
3. Kostetskiy B.I., Linnik YU.A. Issledovaniye energeticheskogo balansa pri vneshnem trenii metallov // Mashinovedeniye. — 1968, № 5, 82—94 (in Russian)
4. Fedorov V. V., Thermodynamic aspects of strength and destruction of solids. Publ. House "FAN", Tashkent, 1979 (in Russian)
5. Fleischer G. 1. Die Tross'schen Erkenntnisse aus heutigen Sicht // Arnold-Tross-Kolloquium, Hamburg, am 10. Juni, 2005. — 2005, 215—242
6. Sadowski J. und Sarnowicz L. Beitrag zu kalorimetrischen Reibungswarmemessung // Tribologie + Schmierungstechnik. — 2019 (66), nu. 1, 34—41
7. Kragel'skij I.V., Dobychin M.N., Kombalov V.S. Osnovy raschytov na trenie i iznos. — M.: Mashinostroenie. — 1977 (in Russian)
8. Bowden F.P. and Tabor D. The Friction and Lubrication of Solids. — Oxford: Oxford University Press. — 2001
9. Fedorov V.V. Kinetika povrezhdaemosti i razrusheniya tvyordyh tel. — Tashkent: FAN. — 1985 (in Russian)
10. Fedorov S. and Assenova E. Synergy and Self-Organization in Tribosystem's Evolution. Energy Model of Friction // 9<sup>th</sup> Int. Conf. on Tribology (Balkantrib'17) IOP Publishing IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. — 2018
11. Fedorov S. Selforganized nano-quantum solid lubricant // Tribologue + Schmierungstechnik. — 2016 (63), nu. 3, 5—13

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)  
Web: <https://mpri.org.by/izdaniya/trenie-i-iznos/>