

УДК 621.822: 621.892

## Электрокинетические явления в приповерхностных слоях металлополимерных фрикционных элементов

А.Х. Джанахмедов

Азербайджанская Национальная академия авиации,  
Мардакянское шоссе, 30, г. Баку AZ 1045, Азербайджан

Поступила в редакцию 29.09.2022.

После доработки 12.12.2022.

Принята к публикации 15.12.2022.

В статье рассматриваются приповерхностные слои полимерной накладки дисково-колодочного тормоза и предложен алгоритм неравновесной термодинамики, который содержит теплопроводность и термоэлектрические явления в немассивном металлическом фрикционном элементе. Выявлены электрокинетические явления в приповерхностных слоях полимерной накладки. Обоснована возможность использования неравновесной термодинамики с линейными режимами в трибосопряжениях фрикционных устройств и выявлен электрокинетический эффект. Показано, что благодаря перекрёстному эффекту с температурными градиентами для металлических фрикционных элементов существует два равновесных состояния — установившаяся поверхностная температура и термостабилизационное состояние. Для полимерной накладки равновесным состоянием считается выгорание связующих компонентов с её приповерхностного слоя с образованием островков жидкости. Сформированы отношения параметров, которые равны соотношениям Онсагера и Саксена, что позволяет определять параметры расчётным путём. Электрокинетический эффект можно использовать для удаления влаги с поверхности трения тормозных устройств, в результате чего обеспечивается стабильность коэффициента трения.

**Ключевые слова:** неравновесная термодинамика, электрокинетический эффект, фрикционное устройство, линейный режим, пара трения, приповерхностный слой.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-6-621-629

---

**Адрес для переписки:**

А.Х. Джанахмедов  
Азербайджанская Национальная академия авиации,  
Мардакянское шоссе, 30, г. Баку AZ 1045, Азербайджан  
e-mail: dzhanakhmedov@yahoo.com

**Для цитирования:**

А.Х. Джанахмедов.  
Электрокинетические явления в приповерхностных слоях  
металлополимерных фрикционных элементов.  
Трение и износ.  
2022. – Т. 43, № 6. – С. 621–629.  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-6-621-629

---

**Address for correspondence:**

A.Kh. Janahmadov  
Azerbaijan National Aviation Academy,  
Mardakan Ave., 30, Baku AZ 1045, Azerbaijan  
e-mail: dzhanakhmedov@yahoo.com

**For citation:**

A.Kh. Janahmadov.  
[Electro-Kinetic Phenomena in Near-Surface Layers of Metal-Polymer  
Friction Elements].  
Trenie i Iznos.  
2022, vol. 43, no. 6, pp. 621–629 (in Russian).  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-6-621-629

# Electro-Kinetic Phenomena in Near-Surface Layers of Metal-Polymer Friction Elements

A.Kh. Janahmadov

Azerbaijan National Aviation Academy,  
Mardakan Ave., 30, Baku AZ 1045, Azerbaijan

Received 29.09.2022.

Revised 12.12.2022.

Accepted 15.12.2022.

## Abstract

An algorithm of non-equilibrium thermodynamics is proposed, which contains thermal conductivity and thermoelectric phenomena in a non-massive metal friction element and electro-kinetic phenomena in the near-surface layers of a polymer lining disk and disk-shoe brakes. The possibility of using non-equilibrium thermodynamics with linear modes in tribo-couplings of friction devices is substantiated and an electro-kinetic effect is revealed. It is shown that due to the cross effect with temperature gradients for metal friction elements, two equilibrium states are revealed — a steady surface temperature and a thermal stabilization state; for a polymer lining, the equilibrium state is the burnout of the binder components from its near-surface layer with the formation of liquid islands. The ratios of the parameters are formed, which are equal to the Onsager and Saxen ratios, which makes it possible to determine the parameters by calculation.

**Keywords:** non-equilibrium thermodynamics, electro-kinetic effect, friction device, linear mode, friction pair, near-surface layer.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-6-621-629

---

### Адрес для переписки:

А.Х. Джанахмедов  
Азербайджанская Национальная академия авиации,  
Мардакянское шоссе, 30, г. Баку AZ 1045, Азербайджан  
e-mail: dzhanakhmedov@yahoo.com

### Для цитирования:

А.Х. Джанахмедов.  
Электрокинетические явления в приповерхностных слоях  
металлополимерных фрикционных элементов.  
Трение и износ.  
2022. — Т. 43, № 6. — С. 621—629.  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-6-621-629

---

### Address for correspondence:

A.Kh. Janahmadov  
Azerbaijan National Aviation Academy,  
Mardakan Ave., 30, Baku AZ 1045, Azerbaijan  
e-mail: dzhanakhmedov@yahoo.com

### For citation:

A.Kh. Janahmadov.  
[Electro-Kinetic Phenomena in Near-Surface Layers of Metal-Polymer  
Friction Elements].  
*Trenie i Iznos*.  
2022, vol. 43, no. 6, pp. 621—629 (in Russian).  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-6-621-629

## Список использованных источников

1. Джанахмедов А.Х. Физико-стохастическое трибо моделирование. — Баку: ELM. — 1988
2. Мучник Г.Ф., Рубашов И. Б. Методы теории теплообмена. Тепловое излучение. — М.: Высшая школа. — 1974
3. Кошкин В.К., Калинина Э.К., Дрейцер Г.А., Ярхо С.Я. Нестационарный теплообмен. — М.: Машиностроение. — 1973
4. Цветков Ф.Ф., Григорьев Б.А. Теплообмен. — М.: Изд-во МЭИ. — 2005
5. Коздоба Л.А. Электрическое моделирование явлений тепло- и массопереноса. — М.: Энергия. — 1972
6. Джанахмедов А.Х., Вольченко Д.А., Джанахмедов Э.А., Вольченко Н.А., Скрыпных В.С., Журавлев Д.Ю. Проектный и проверочный расчет фрикционных узлов ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок. — Баку: Апострофф. — 2016
7. Журавлев Д.Ю. Термодинамический предел поверхностных слоев полимерных накладок при фрикционном взаимодействии // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — Харьков. — 2014, № 2/11(68), 20—26
8. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичинадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун и др.; под общ. ред. А.В. Чичинадзе. — М.: Машиностроение. — 2003
9. Джанахмедов А.Х., Вольченко А.И., Набизаде К.Т., Джавадов М.Я., Вольченко Д.А., Вольченко Н.А. Трибология: трение. Износ, смазка. — Баку: Апостроф-А. — 2019
10. Kindrachuk M.V., Vol'chenko D.A., Vol'chenko N.A., Stebeletskaya N.M., and Voznyi A.V. Influence of Hydrogen on the Wear Resistance of Materials in the Friction Couples of Braking Units // Master. Sci. — 2017 (53), 282—288
11. Джанахмедов А.Х., Вольченко Д.А., Журавлев Д.Ю. и др. Неравновесная термодинамика с линейными режимами в трибосопряжениях // Вестник Азербайджанской инженерной академии. — 2022 (14), № 2, 18—28

## References

1. Janahmadov A.Kh. Fiziko-stohasticheskoe tribo modelirovanie. — Baku: ELM. — 1988 (in Russian)
2. Muchnik G.F., Rubashov I.B. Metody teorii teploobmena. Teplovoe izluchenie. — M.: Vysshaja shkola. — 1974 (in Russian)
3. Koshkin V.K., Kalinina Je.K., Drejcer G.A., Jarho S.Ja. Nestacionarnyj teploobmen. — M.: Mashinostroenie. — 1973 (in Russian)
4. Cvetkov F.F., Grigor'ev B.A. Teploobmen. — M.: Izd-vo MJeI. — 2005 (in Russian)
5. Kozdoba L.A. Jelektricheskoe modelirovanie javlenij teplo- i mamoperenosa. — M.: Energija. — 1972 (in Russian)
6. Janahmadov A.Kh., Vol'chenko D.A., Janahmadov E.A., Vol'chenko N.A., Skrypnyk V.S., Zhuravlev D.Ju. Proektnyj i proverochnyj raschet frikcionnyh uzlov lentочно-kolodochnyh tormozov burovyh lebedok. — Baku: Apostroff. — 2016 (in Russian)
7. Zhuravlev D.Ju. Termodinamicheskij predel poverhnostnyh sloev polimernyh nakladok pri frikcionnom vzaimodejstvii // Vostochno-evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij. — Har'kov. — 2014, № 2/11(68), 20—26 (in Russian)
8. Chichinadze A.V., Berliner E.M., Braun E.D. i dr. Trenie, iznos i smazka (tribologija i tribotehnika) / Pod obshh. red. A.V. Chichinadze. — M.: Mashinostroenie. — 2003 (in Russian)
9. Janahmadov A.Kh., Vol'chenko A.I., Nabizade K.T., Javadov M.Ja., Vol'chenko D.A., Vol'chenko N.A. Tribologija: trenie. Iznos, smazka. — Baku: Apostrof-A. — 2019 (in Russian)
10. Kindrachuk M.V., Vol'chenko D.A., Vol'chenko N.A., Stebeletskaya N.M., and Voznyi A.V. Influence of Hydrogen on the Wear Resistance of Materials in the Friction Couples of Braking Units // Master. Sci. — 2017 (53), 282—288
11. Janahmadov A.Kh., Volchenko D.A., Zhuravlev D.Ju. i dr. Neravnovesnaja termodinamika s linejnymi rezhimami v tribosoprjazhenijah // Vestnik Azerbajdzhanskoj inzhenernoj akademii. — 2022 (14), № 2, 18—28 (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)