

УДК: 621.81: 621.89

## Трение и износ тормозных фрикционных безасбестовых материалов

Н.Г. Меликсетян<sup>1</sup>, Н.К. Мышкин<sup>2</sup>, С.Г. Агбальян<sup>1</sup>, Г.Н. Меликсетян<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный Политехнический Университет Армении (НПУА),  
ул. Теряна, 105, г. Ереван 0009, Армения

<sup>2</sup>Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси,  
ул. Кирова 32а, г. Гомель 246050, Беларусь

Поступила в редакцию 14.02.2022.

После доработки 24.11.2022.

Принята к публикации 28.11.2022.

Представлены результаты трибологических исследований различных безасбестовых тормозных фрикционных материалов ведущих производителей. Установлены два основных аспекта влияния теплового режима на фрикционно-износные характеристики выбранных материалов: изменение физико-механических свойств при низкой тепловой нагрузке фрикционного контакта и изменения, обусловленные различными структурными превращениями и механохимическими процессами поверхностных слоёв при высокой тепловой нагрузке фрикционного контакта. Показано, что высокотемпературное трение фрикционных безасбестовых полимерных материалов протекает в многостадийном режиме, сопровождающемся пиролизом летучих продуктов, деструкцией связующего, деградацией армирующего элемента и карбонизацией поверхности трения, которые являются постоянно действующими факторами. Исследуемые материалы способны образовывать на поверхности трения контртела плёнку фрикционного переноса в виде монолитного слоя или отдельных перенесённых фрагментов, ориентированных по направлению скольжения. Разработанные материалы образуют плёнку на поверхности контртела при сравнительно высоких температурах, в области максимальных значений коэффициента трения. Установлено, что механизм высокотемпературного разрушения поверхностных слоёв тормозных безасбестовых фрикционных материалов характеризуется аккумуляцией повреждений в подповерхностном слое и наиболее полно процесс изнашивания объясняется усталостным отслаиванием.

**Ключевые слова:** безасбестовый материал, высокотемпературное трение, износ, замедление, коэффициент трения, механизм разрушения.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-6-630-639

---

**Адрес для переписки:**

Н.Г. Меликсетян  
Национальный Политехнический Университет Армении (НПУА),  
ул. Теряна, 105, г. Ереван 0009, Армения  
e-mail: n\_meliksetyan@mail.ru

**Address for correspondence:**

N.G. Meliksetyan  
National Polytechnic University of Armenia (NPUA),  
Teryan st., 105, Yerevan 0009, Armenia  
e-mail: n\_meliksetyan@mail.ru

**Для цитирования:**

Н.Г. Меликсетян, Н.К. Мышкин, С.Г. Агбальян, Г.Н. Меликсетян.

Трение и износ тормозных фрикционных безасбестовых материалов.

Трение и износ.

2022. – Т. 43, № 6. – С. 630–639.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-6-630-639

**For citation:**

N.G. Meliksetyan, N.K. Myshkin, S.G. Agbalyan, and

G.N. Meliksetyan.

[Friction and Wear of Non-Asbestos Brake Friction Materials].

*Trenie i Iznos.*

2022, vol. 43, no. 6, pp. 630–639 (in Russian).

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-6-630-639

# Friction and Wear of Non-Asbestos Brake Friction Materials

N.G. Meliksetyan<sup>1</sup>, N.K. Myshkin<sup>2</sup>, S.G. Agbalyan<sup>1</sup>, and G.N. Meliksetyan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Polytechnic University of Armenia (NPUA),  
Teryan st., 105, Yerevan 0009, Armenia

<sup>2</sup>Metal-Polymer Research Institute of Belarus National Academy of Sciences,  
Kirov street, 32a, Gomel 246050, Belarus

Received 14.02.2022.

Revised 24.11.2022.

Accepted 28.11.2022.

## Abstract

The results of tribological studies of various asbestos-free brake friction materials of leading brake pads manufacturing European companies are presented. It has been established that there are two main aspects of the influence of the thermal regime on the friction and wear characteristics of the selected materials: a change of physical and mechanical properties at low heat load of the friction contact and changes due to various structural transformations and mechanochemical processes of surface layers at high heat load friction contact. It is shown that high-temperature friction of friction asbestos-free polymer materials proceeds in a multi-stage mode of mechanochemical changes, accompanied by pyrolysis of volatile products, destruction of the binder, degradation of the reinforcing element and carbonization of the friction surface, which are constantly acting factors. The studied materials are capable of forming a friction transfer film on the friction surface of the counterbody that is an important characteristic of a friction pair in the form of a monolith layer or individual transferred fragments, oriented into the sliding direction. The developed materials form a frictional transfer film on the surface of the counterbody at relatively high temperatures, to which terms maximum values of the friction coefficient are shifted. It has been established that the mechanism of high-temperature destruction of the surface layers of brake asbestos-free friction materials is characterized by the accumulation of damage in the subsurface layer and the process of high-temperature wear is best explained by the concepts of fatigue-delamination wear.

**Keywords:** asbestos-free material, high-temperature friction, wear, deceleration, friction coefficient, failure mechanism.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-6-630-639

---

### Адрес для переписки:

Н.Г. Меликсетян  
Национальный Политехнический Университет Армении (НПУА),  
ул. Теряна, 105, г. Ереван 0009, Армения  
e-mail: n\_meliksetyan@mail.ru

### Для цитирования:

Н.Г. Меликсетян, Н.К. Мышкин, С.Г. Агбальян, Г.Н. Меликсетян.

Трение и износ тормозных фрикционных безасбестовых материалов.

Трение и износ.

2022. – Т. 43, № 6. – С. 630–639.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-6-630-639

---

### Address for correspondence:

N.G. Meliksetyan  
National Polytechnic University of Armenia (NPUA),  
Teryan st., 105, Yerevan 0009, Armenia  
e-mail: n\_meliksetyan@mail.ru

### For citation:

N.G. Meliksetyan, N.K. Myshkin, S.G. Agbalyan, and G.N. Meliksetyan.

[Friction and Wear of Non-Asbestos Brake Friction Materials].

*Trenie i Iznos.*

2022, vol. 43, no. 6, pp. 630–639 (in Russian).

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2022-43-6-630-639

## Список использованных источников

1. **Полимерная фрикционная пресс-композиция:** а.с. СССР N 1142488, 15.04.1983, рег. 01.11.1984. / А.К. Погосян, П.В. Сысоев, Н.Г. Меликсетян, М.М. Близнац, Н.К. Мышкин
2. **Погосян А.К., Сысоев П.В., Меликсетян Н.Г. и др.** Фрикционные композиты на основе полимеров / под ред. В.А. Белого. — Минск: Информтрибо. — 1992
3. **Меликсетян Н.Г., Агбальян С.Г., Меликсетян Г.Н.** Разработка и трибологическое исследование безасбестовых тормозных композиционных материалов // 1st International Conference: Mechanical Engineering Solutions, Yerevan, Armenia. — 2018, 38—44. <http://mes2018.aua.am/>
4. **Jang H.**, Brake Friction Materials / Encyclopedia of Tribology, ed. by Q.J. Wang and Y.W. Chung. — Springer. — 2013 (1), 263—273
5. **Suh N.P.** The Delamination Theory of Wear // Wear. — 1973 (25), 111—124
6. **Трибология: Исследования и приложения. Опыт США и стран СНГ** / под ред. В.А. Белого, К. Лудемы, Н.К. Мышкина. — М.: Машиностроение. — 1993
7. **Мышкин Н.К., Петроковец М.И.** Трение, смазка, износ. Физические основы и технические приложения трибологии. — М.: ФИЗМАТЛИТ. — 2007
8. **Фрикционная композиция:** а.с. РА № 2909А. — Промышленная собственность. Официальный бюллетень. — Ереван. — 2015, № 1 / А.К. Погосян, Н.Г. Меликсетян, Г.Н. Меликсетян

## References

1. **Polimernaya frictionsonnaya press-kompozitsiya:** a.s. USSR N 1142488, 15.04.1983, reg. 01.11.1984. / A.K. Pogosian, P.V. Sysoev, N.G. Meliksetyan, M.M. Bliznets, N.K. Myshkin (in Russian)
2. **Pogosian A.K., Sysoev P.V., Meliksetyan N.G. I dr.**, Frikcionnye kompozity na osnove polimerov / ed. by V.A. Belyi. — Minsk: Informtribo. — 1992 (in Russian)
3. **Meliksetyan N.G., Agbalyan S.G., Meliksetyan G.N.** Razrabotka i tribologicheskoe issledovanie bezasbestovykh tormoznykh kompozitsionnykh materialov // 1st Int. Conf. «Mechanical Engineering Solutions-2018», Yerevan. — 2018. <http://mes2018.aua.am/> (in Russian)
4. **Jang H.**, Brake Friction Materials / Encyclopedia of Tribology, ed. by Q.J. Wang and Y.W. Chung. — Springer. — 2013 (1), 263—273
5. **Suh N.P.** The Delamination Theory of Wear // Wear. — 1973 (25), 111—124
6. **Tribology in the USA and the Former Soviet Union: Studies and Applications** / ed by V.A. Belyi, K.C. Ludema and N.K. Myshkin. — New York: Al-lerton Press. — 1994
7. **Myshkin N.K., Petrokovets M.I.** Trenie, smazka, iznos. Fizicheskie osnovi I texnicheskie prilozheniya tribologii. — M.: FIZMATLIT. — 2007 (in Russian)
8. **Frikcionnaya kompozitsiya:** а.с. РА № 2909А. — Promishlennaya sobstvennost. Ofitsialni byulleten. — Erevan. — 2015, № 1 / A.K. Pogosian, N.G. Meliksetyan, G.N. Meliksetyan (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)