

УДК 621.89.017

## Триботехнические характеристики твёрдых смазочных покрытий

М.А. Броновец

Федеральное Государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук»,  
Проспект Вернадского, д. 101, корп. 1, г. Москва 119526, Россия

Поступила в редакцию 15.06.2023.

После доработки 04.08.2023.

Принята к публикации 10.08.2023.

Представлены результаты экспериментальных исследований твёрдосмазочных покрытий космического применения, в частности, одного из самых эффективных покрытий ЭОНИТ-3. Исследованы коэффициенты трения покрытий и износостойкость при температурах от минус 150 °С до плюс 400 °С на воздухе и в вакууме до  $10^{-6}$  мм рт.ст. для различных сочетаний материалов антифрикционного применения в зависимости от контактирующих материалов, давления на контакте, скорости скольжения, схем испытаний «индентор—диск» и «вал—штулка». Показано, что в трибохимических процессах дисульфид молибдена, основная промышленная твёрдая смазка, в ряде случаев играет роль активного катализатора. Оптимальные и стабильные антифрикционные и физико-механические свойства покрытия ЭОНИТ-3 наблюдаются после двух часов термообработки при 200 °С.

**Ключевые слова:** космические применения, твердые смазочные покрытия, самосмазывающиеся материалы, износостойкость, коэффициент трения, низкие температуры, испытания, триботехнические характеристики, композиции материалов, вакуум.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2023-44-4-335-341

---

**Адрес для переписки:**

М.А. Броновец  
Федеральное Государственное бюджетное учреждение науки  
«Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук»,  
Проспект Вернадского, д. 101, корп. 1, г. Москва 119526, Россия  
e-mail: brnovets@ipmmet.ru

**Address for correspondence:**

M.A. Bronovets  
Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of the Russian Academy  
of Sciences,  
Prospect Vernadskogo, 101, building 1, Moscow 119526, Russia  
e-mail: brnovets@ipmmet.ru

---

**Для цитирования:**

М.А. Броновец  
Триботехнические характеристики твёрдых смазочных покрытий.  
Трение и износ.  
2023. – Т. 44, № 4. – С. 335–341.  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2023-44-4-335-341

---

**For citation:**

M.A. Bronovets  
[Tribotechnical Characteristics Solid Lubricating Coatings].  
*Trenie i Iznos*.  
2023, vol. 44, no. 4, pp. 335–341 (in Russian).  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2023-44-4-335-341

# Tribotechnical Characteristics Solid Lubricating Coatings

**M.A. Bronovets**

*Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of the Russian Academy of Sciences,  
Prospect Vernadskogo, 101, building 1, Moscow 119526, Russia*

*Received 15.06.2023.*

*Revised 04.08.2023.*

*Accepted 10.08.2023.*

## Abstract

The results of experimental studies of solid lubricating coatings for space applications, in particular, one of the most effective coatings EONIT-3, are presented. The coefficients of friction of coatings and wear resistance at temperatures from minus 150 °C to plus 400 °C in air and in vacuum  $10^{-6}$  mm Hg were studied for various combinations of antifriction materials depending on the contact pressure, sliding speed, indenter—disk and shaft—sleeve test patterns. It is shown that in tribochemical process molybdenum disulfide, the main industrial solid lubricant, plays the role of an active catalyst. Optimal and stable antifriction and physico-mechanical properties of the EONIT-3 coatings are observed after two hours of heat treatment at 200 °C.

**Keywords:** space applications, solid lubricating coatings, self-lubricating materials, wear resistance, friction coefficient, low temperatures, testing, tribotechnical characteristics, material compositions, vacuum.

**DOI:** 10.32864/0202-4977-2023-44-4-335-341

---

### Адрес для переписки:

М.А. Броновец  
Федеральное Государственное бюджетное учреждение науки  
«Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской  
академии наук»,  
Проспект Вернадского, д. 101, корп. 1, г. Москва 119526, Россия  
e-mail: brnovets@ipmmet.ru

### Address for correspondence:

M.A. Bronovets  
Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of the Russian Academy  
of Sciences,  
Prospect Vernadskogo, 101, building 1, Moscow 119526, Russia  
e-mail: brnovets@ipmmet.ru

---

### Для цитирования:

М.А. Броновец  
Триботехнические характеристики твёрдых смазочных покрытий.  
Трение и износ.  
2023. – Т. 44, № 4. – С. 335–341.  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2023-44-4-335-341

### For citation:

M.A. Bronovets  
[Tribotechnical Characteristics Solid Lubricating Coatings].  
*Trenie i Iznos*.  
2023, vol. 44, no. 4, pp. 335–341 (in Russian).  
**DOI:** 10.32864/0202-4977-2023-44-4-335-341

## Список использованных источников

1. Краснов А.П., Мить В.А., Афоничева О.В., Саид-Галиев Э.Е., Николаев А.Ю., Васильков А.Ю., Подшибихин В.Л., Наумкин А.В., Волков И.О. Первые нанопористые полимерные антифрикционные металлонаноконпозиаты, журнал // Трение и смазка в машинах и механизмах. — 2009, № 2, 23—30
2. Краснов А.П., Буяев Д.И., Шапошникова В.В., Салазкин С.Н., Наумкин А.В., Соловьева В.А., Любимова А.С., Шарикова Н.О. Антифрикционность и самосмазываемость термостойких полимеров // Сборник «Трибология – машиностроению», Труды XIII Международной научно-технической конференции). — 2020, 139—142
3. Краснов А.П., Наумкин А.В., Адериха В.Н., Юдин А.С., Афоничева О.В., Маслаков К.И., Головешкин А.С., Лененко Н.Д., Бушмаринов И.С., Песецкий С.С., Голуб А.С. Влияние дисперсности и состава поверхности порошкообразного нанокристаллического дисульфида молибдена на его трибологические свойства // Трение и износ. — 2014 (35), № 4, 494—504
4. Броновец М.А. Твердые смазочные покрытия в космической технике // Труды XIV Международной научно-технической конференции «Трибология – машиностроению», посвящённой 100-летию со дня рождения А.П. Семёнова. 2022, Москва, 12-14 октября, ИМАШ РАН. — Москва: ИМАШ РАН. — 2022, 64—67

## References

1. Krasnov A.P., Mit' V.A., Afonicheva O.V., Said-Galiev E.E., Nikolaev A.Yu., Vasil'kov A.Yu., Podshibikhin V.L., Naumkin A.V., Volkov I.O. Pervye nanoporistyе polymernye antifrikzionnye metallonanocomposity. // Journal Friction and Lubrication in mashins and mechanisms. — 2009, № 2, 23—30 (in Russian)
2. Krasnov A.P., Buyaev D.I., Shaposhnikova V.V., Salaskin S.P., Naumkin A.V., Solov'eva V.A., Lyubimova A.S., Sharikova N.O. Antifrikzionnost' i samosmasyvaemost' termostoikikh polimerov // Sbornik "Tribologiya – mashinostroeniye", Trudy XIII Mezhdunarodnoi nauchno-tekhicheskoi konferencii. — 2020, 139—142 (in Russian)
3. Krasnov A.P., Naumkin A.V., Aderikha V.N., Yudin A.S., Afonicheva O.V., Maslakov K.I., Goloveshkin A.S., Lenenko N.D., Bushmari-nov I.S., Pesezkii S.S., and Golub A.S. Effect of Particle Size and Composition of Powdered Nanocrystalline Molybdenum Disulfide on its Tribological Behavior // Journal of Friction and Wear. — 2014 (35), no. 4, 330—338
4. Bronovets M.A. Tverdye smasochnye pokrytiya v kosmicheskoi tekhnike // Trudy XIV Mezhdunarodnoi nauchno-tekhicheskoi konferencii. — Moskva: IMASH RAN. — 2022, 64—67 (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)