

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРСПЕКТИВНЫХ САМОСМАЗЫВАЮЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ БЫСТРОХОДНЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ

Н. А. Райковский, А. М. Калашников

Омский государственный технический университет,  
Россия, 644050, г. Омск, пр. Мира, 11

**В работе рассмотрены методика и стенд экспериментального исследования трибологических характеристик материалов быстроходных узлов «сухого» трения, реализующие схему трения «палец–диск». В результате экспериментальных исследований определены трибологические характеристики традиционных и перспективных отечественных и зарубежных самосмазывающихся материалов. Установлена существенная зависимость фрикционно-износных характеристик самосмазывающихся материалов быстроходных узлов «сухого» трения от скорости скольжения. При этом наилучшие трибологические характеристики во всем диапазоне скоростей скольжения от 10 м/с до 40 м/с соответствуют материалу Криолон-3.**

**Ключевые слова:** трение, износостойкость, полимерный материал, эксперимент.

## Введение

Одной из важнейших задач при создании узлов «сухого» трения является правильный выбор конструкционных антифрикционных материалов [1–5]. Основная трудность обоснованного выбора материалов для применения их в узлах трения роторных агрегатов состоит в большом многообразии таких материалов, прежде всего антифрикционных полимерных материалов; в отсутствии результатов исследований трибологических свойств таких материалов применительно к условиям работы роторных агрегатов; в желании производителей презентовать, в рекламных целях, наилучшие показатели материалов; противоречивостью результатов исследований различных авторов, что можно объяснить разными режимами трения, разными схемами трения и т.д. [5–14].

подавляющая часть исследований триботехнических характеристик материалов выполнена применительно к малым скоростям (до 5 м/с) и большим удельным давлениям (1–5 МПа). Это особенно затрудняет выбор подходящих самосмазывающихся материалов из большого их множества для узлов трения быстроходных роторных агрегатов, которые работают при скоростях скольжения в зоне трения более 10 м/с [1–9].

Целью данной работы является сравнительное экспериментальное исследование фрикционно-износных характеристик перспективных самосмазывающихся полимерных материалов отечественного и зарубежного производства, выполненное в одинаковых условиях.

## Методика экспериментального исследования

Перед проведением экспериментального исследования выполнялась приработка образцов. После приработки образец и диск протирались бензином (ГОСТ 443-76), затем этиловым спиртом (ГОСТ 5962-57) и просушивались в сушильной камере в течение 15 минут.

Массовая скорость изнашивания определялась по уравнению:

$$I = \frac{m_1 - m_2}{\tau}, \quad (1)$$

где  $m_{1,2}$  — масса образца до и после испытания;  $\tau$  — промежуток времени испытания.

Время испытаний в каждом случае определялось износостойкостью образца и погрешностью определения скорости изнашивания, которая не превышала 5 %. Данная погрешность оценивалась промежуточным взвешиванием с интервалом испытания не менее 20 часов.

Коэффициент относительной износостойкости определялся по формуле:

$$K_{изм} = I_j / I_{ij}, \quad (2)$$

где  $I_j$  — скорость износа материала АГ-1500СО5 при скорости скольжения 10 м/с;  $I_{ij}$  — скорость износа  $i$ -го материала при  $j$ -й скорости скольжения.

Коэффициент трения определялся из уравнения:

$$f_{mp} = \frac{F_A \cdot R_2}{N \cdot R_1}, \quad (3)$$

так как  $R_1 = R_2$ ,

$$f_{mp} = \frac{F_A}{N}, \quad (4)$$

где  $N$  — нормальная нагрузка;  $R_1$  — радиус трения образца;  $R_2$  — радиус измерения силы датчиком.

Нормальная сила определялась по уравнению:

$$N = m \cdot g, \quad (5)$$

где  $m$  — масса нагружения;  $g$  — ускорение свободного падения.

Относительная скорость скольжения в трущем сопряжении определялась по уравнению:

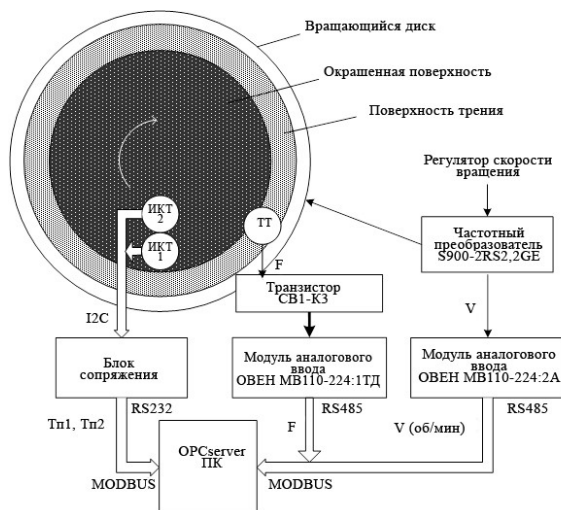


Рис. 1. Блок-схема установки: ТТ — тело трения; ИКТ — инфракрасный термометр MLX90614-ACF; ПК — персональный компьютер  
 Fig. 1. Block diagram of the installation: ТТ — friction body; ИКТ — infrared thermometer MLX90614-ACF; ПК — personal computer



Рис. 2. Элементы конструкции экспериментального стенда:  
 1 — датчик силы; 2 — груз; 3 — дорожка трения вращающегося диска; 4 — черненная поверхность вращающегося диска; 5 — полимерный образец;  
 6 — инфракрасный датчик температуры (на дорожке трения); 7 — инфракрасный датчик температуры (на черненной поверхности)  
 Fig. 2. Design elements of the experimental stand: 1 — force sensor; 2 — cargo; 3 — friction track of a rotating disk; 4 — blackened surface of a rotating disk; 5 — polymer sample; 6 — infrared temperature sensor (on the friction track); 7 — infrared temperature sensor (on the blackened surface)

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot R_1, \quad (6)$$

где  $\omega$  — угловая скорость вращения диска;  $n$  — частота вращения диска.

Схема системы измерения экспериментального стенда, реализующего схему трения «палец — диск», представлена на рис. 1.

Экспериментальный стенд (рис. 2) состоит из вертикально установленного электрошпинделя, размещенного на раме, в котором закреплен стальной диск диаметром 80 мм, выполненный из стали 40Х с параметрами HRC 54 и Ra 0,32. Частота вращения шпинделя регулируется за счет частотного преобразователя S900-2RS2.2GE в диапазоне 0–24000 об/мин, что позволяет реализовать скорости скольжения в зоне трения до 80 м/с. Из-за больших частот вращения электрошпиндель снабжен системой охлаждения. Самосмазывающийся образец выполнен в форме пальца с размерами: диаметр — 7 мм, длина — 10 мм. Инфракрасный термометр MLX90614-ACF имеет заводскую калибровку по модели АЧТ, спектральный диапазон чувствительности  $\Delta\lambda = 5,5–14$  мкм и возможность

введения коэффициента поправки на коэффициент излучения поверхности  $\epsilon$ .

Система измерений стенда позволяет определять: нагрузочно-скоростные и триботехнические характеристики пары трения, а также температуру на зачерненной поверхности диска. Измеряемые параметры выводятся на персональный компьютер в виде трендов от времени согласно схеме, рассмотренной на рис. 1. Более подробно методика определения температуры поверхности трения стального диска рассмотрена в работе [15].

### Результаты экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования выполнены в диапазоне от 10 м/с до 40 м/с. Рассмотрены следующие материалы: Криолон-3, CELAZOLE PBI, TORLON 4301 PAI, KETRON PEEK-HPV, KETRON PEEK-CA30, TECTHTRON HPV PPS, графит АГ-1500СО5, Суперфлувис, КВН-3. В табл. 1 рассмотрены износные характеристики группы испытуемых материалов, представленных в форме коэффициента относительной износостойкости.

**Таблица 1. Коэффициент относительной износостойкости самосмазывающихся материалов при различных скоростях скольжения**

**Table 1. Relative wear resistance coefficient of self-lubricating materials at different sliding speeds**

Наименование материала	Коэффициент относительной износостойкости			
	10 м/с	20 м/с	30 м/с	40 м/с
CELAZOLE PBI	18,6	7,8	0,2	н/р
TORLON 4301 PAI	16,0	37,6	0,4	н/р
KETRON PEEK-HPV	10,3	6,0	9,3	0,1
KETRON PEEK-CA30	23,3	45,9	13,7	1,1
TECHTRON HPV PPS	10,8	17,5	7,4	н/р
Суперфлувис	3,0	5,8	4,6	0,3
АГ-1500СО5	1,0	9,4	н/р / п/о	н/р
КВН-3	5,2	10,6	0,02	н/р
Криолон-3	о	о	1,9	1,1

н/р — материал неработоспособен на данном режиме испытаний;  
о — результаты испытаний отсутствуют

**Таблица 2. Коэффициент трения самосмазывающихся материалов при различных скоростях скольжения**

**Table 2. Coefficient of friction of self-lubricating materials at different sliding speeds**

Наименование материала	Коэффициент трения			
	10 м/с	20 м/с	30 м/с	40 м/с
CELAZOLE PBI	0,02	0,02	0,1	н/р
TORLON 4301 PAI	0,03	0,01	0,07	н/р
KETRON PEEK-HPV	0,06	0,045	0,02	0,06
KETRON PEEK-CA30	0,1	0,04	0,025	0,06
TECHTRON HPV PPS	0,17	0,02	0,02	н/р
Суперфлувис	0,2	0,03	0,02	0,18
АГ-1500СО5	0,21	0,02	н/р	н/р
КВН-3	0,4	0,01	0,03	н/р
Криолон-3	0,02	0,01	0,01	0,05

н/р — материал неработоспособен на данном режиме испытаний

Результаты исследования износных характеристик самосмазывающихся материалов в условиях «сухого» трения показали, что высокие характеристики в сравнении с традиционными материалами (на примере АГ-1500СО5), применяемыми в быстроходных узлах трения, обеспечивают следующие марки:

— при скорости скольжения 40 м/с — КЕТРОН РЕЕК — СА30 и Криолон-3. При этом величина износа данных материалов при скорости скольжения 40 м/с сопоставима с износом АГ-1500СО5 при скорости скольжения 10 м/с;

— при скорости скольжения 30 м/с — КЕТРОН РЕЕК — HPV, КЕТРОН РЕЕК — СА30, ТЕCHTRON HPV PPS, Суперфлувис, Криолон-3. При этом величина износа данных материалов при скорости скольжения 30 м/с от 2 до 14 раз меньше износа АГ-1500СО5 при скорости скольжения 10 м/с;

— при скорости скольжения 20 м/с — все материалы исследуемой группы. При этом величина износа данных материалов при скорости скольжения 20 м/с от 6 до 46 раз меньше износа АГ-1500СО5 при скорости скольжения 10 м/с.

— при скорости скольжения 10 м/с — все материалы исследуемой группы. При этом величина износа данных материалов при скорости скольжения

10 м/с от 3 до 23 раз меньше износа АГ-1500СО5 при скорости скольжения 10 м/с.

В целом полимерные самосмазывающиеся материалы показали значительно лучшую износостойкость при истирании в условиях больших скоростей скольжения.

В табл. 2 рассмотрены значения коэффициента трения исследуемых материалов при скоростях скольжения от 10 до 40 м/с. Отсутствие отдельных материалов на диаграммах указывает на то, что в ходе экспериментальных исследований на данных режимах испытания происходило их разрушение или наблюдался катастрофический износ.

При скорости скольжения 10 м/с наилучшее значение коэффициента трения реализуют материалы: CELAZOLE PBI, TORLON 4301 PAI и Криолон-3; худшее — КВН-3, АГ1500-СО5 и Суперфлувис. При этом для исследуемых материалов значение коэффициента трения может различаться до 20 раз.

При скорости скольжения 20 м/с все исследуемые материалы показали высокие антифрикционные свойства, при этом коэффициент трения не превышал 0,045. Для скорости скольжения 20 м/с коэффициент трения может различаться до 4 раз. В целом при скорости скольжения 20 м/с фрикционные характеристики исследуемых материалов

значительно улучшились в сравнении с характеристиками при скорости скольжения 10 м/с.

При скорости скольжения 30 м/с наилучшее значение коэффициента трения реализуют материалы: Криолон-3, Суперфлувис, TECTHTRON HPV PPS, KETRON PEEK-HPV; худшее — TORLON 4301 PAI и CELAZOLE PBI. Для исследуемых материалов коэффициент трения при скорости 30 м/с может различаться до 10 раз. В целом при скорости скольжения 30 м/с наилучшие фрикционные характеристики для исследуемой группы материалов имеют близкие значения с характеристиками при скорости скольжения 20 м/с.

При скорости скольжения 40 м/с из группы рассмотренных материалов работоспособны только 4 материала: KETRON PEEK-CA30, KETRON PEEK-HPV, криолон-3 и Суперфлувис. Наилучшее значение коэффициента трения имеют материалы: Криолон-3, Ketrion PEEK CA30, Ketrion PEEK HPV; худшее — Суперфлувис. При этом коэффициент трения у представленных материалов при скорости 40 м/с может различаться в 3–4 раза.

Комплексный анализ трибологических характеристик выявил следующие перспективные материалы для применения в быстроходных узлах «сухого» трения: при 40 м/с — Ketrion PEEK CA30 и Криолон-3; при 30 м/с — TECTHTRON HPV PPS, KETRON PEEK-HPV, KETRON PEEK-CA30; при 20 м/с — TORLON 4301 PAI, TECTHTRON HPV PPS; при 10 м/с — CELAZOLE PBI, TORLON 4301 PAI.

Таким образом, результаты анализа показали, что в различном диапазоне скоростей скольжения поверхностей трения наилучшие трибологические характеристики обеспечивают различные материалы. Установлено, что полимерные материалы более перспективны, чем графитовые материалы. При этом наилучшие трибологические характеристики в диапазоне скоростей скольжения от 10 м/с до 40 м/с соответствуют материалу Криолон-3.

Результаты исследований показали существенную зависимость фрикционных свойств самосмазывающихся материалов от скорости скольжения в диапазоне значений, характерных для узлов трения ступеней роторно-пластинчатого типа. При этом в диапазоне скоростей 10–40 м/с коэффициент трения может изменяться до 40 раз (например, для материала КВН-3). Среднее значение коэффициента трения в диапазоне параметров исследования изменяется в 5–10 раз.

### Заключение

В работе рассмотрены экспериментальная установка для исследования трибологических характеристик быстроходных узлов «сухого» трения, реализующая схему трения «палец–диск».

В результате экспериментальных исследований определены трибологические характеристики перспективных отечественных и зарубежных самосмазывающихся материалов. Установлено, что полимерные материалы имеют более высокие трибологические характеристики в сравнении графитовыми материалами, традиционно применяемыми в ступенях роторно-пластинчатого типа. При этом наиболее универсальный материал в диапазоне скоростей скольжения от 10 м/с до 40 м/с — Криолон-3. Наилучшие характеристики в области скоростей скольжения более 20 м/с в диапазоне исследования соответствуют материалу KETRON PEEK-CA30. Установлена существенная зависимость коэффи-

циента трения узлов «сухого» трения, работающих в быстроходных узлах сухого трения, от скорости скольжения.

### Список источников

1. Гаркунов Д. Н. Триботехника: Конструирование, изготовление и эксплуатация машин. 5-е изд., перераб. и доп. Москва: Изд-во МСХА. 2002. 629 с. ISBN 5-94327-093-0.
  2. Браун Н. А., Буше И. А., Буяновский И. А. [и др.]. Основы трибологии: Трение, износ, смазка / под ред. А. В. Чичинадзе. Москва: Центр «Наука и техника», 1995. 778 с. ISBN 5-900359-10-7.
  3. Мышкин Н. К., Петроковец М. И. Трение, износ, смазка. Физические основы и технические приложения трибологии. Москва: Физматлит. 2007. 367 с. ISBN 978-5-9221-0824-9.
  4. Аборкин А. В., Елкин А. И., Сычев А. Е. [и др.]. Альмов Износ в условиях сухого трения композиционного материала на основе алюминиевого сплава, упрочненного нанокристаллическим графитом / Трение и износ. 2020. Т. 41, № 3. С. 323–330.
  5. Стручков Н. Ф., Лебедев Д. И., Винокуров Г. Г. Испытания на износ порошковых покрытий и исследования микрогеометрии поверхностей трения в условиях холода // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2022. Т. 27, № 2. С. 305–315. DOI: 10.31242/2618-9712-2022-27-2-305-315.
  6. Машков Ю. К., Кропотин О. В. Трибофизика и структурная модификация материалов трибосистем: моногр. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2009. 322 с. ISBN 978-5-8149-0804-9.
  7. John M. Self-Lubricating Materials for Extreme Condition Applications / M. John, P. L. Menezes // Materials. 2021. Vol. 14. P. 55–88. DOI: 10.3390/ma14195588.
  8. Friedrich K. Polymer composites for tribological applications // Advanced Industrial and Engineering Polymer Research. 2018. Vol. 1, no. 1. P. 3–39. DOI: 10.1016/j.aiepr.2018.05.001.
  9. ОАО «ФТОРОТЕКС». URL: <http://www.ftorotex.by> (дата обращения: 04.05.2022).
  10. Nunez E. E., Gheisari R., Polycarpou A. A. Tribology review of blended bulk polymers and their coatings for high-load bearing applications // Tribology International. 2018. Vol. 129. P. 92–111. DOI: 10.1016/j.triboint.2018.08.002.
  11. Huai W., Zhang C., Wen S. Graphite-based solid lubricant for high-temperature lubrication // Friction. 2020. Vol. 9. P. 1660–1672. DOI: 10.1007/s40544-020-0456-2.
  12. Bao Q., Li N., Feng J. [et al.]. Using mixture design approach for modeling and optimizing tribology properties of PPEsk composites // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2022. Vol. 163. P. 107256. DOI: 10.1016/j.compositesa.2022.107256.
  13. Зеленцов В. Б., Митрин Б. И., Кузнецова Т. А. [и др.]. Нестационарный износ двухслойного покрытия с учётом тепловыделения от трения // Вычислительная механика сплошных сред. 2020. Т. 13, № 1. С. 98–107. DOI 10.7242/1999-6691/2020.13.1.8.
  14. Reeves C. J., Menezes P. L., Lovell M. R. [et al.] Tribology of solid lubricants // Tribology for Scientists and Engineers. New York: Springer, 2013. P. 447–494.
  15. Райковский Н. А., Аистов И. П., Пономарев Д. Б. Методика бесконтактного измерения температуры поверхности трения вращающегося диска // Системы. Методы. Технологии. 2019. № 3 (43). P. 14–19. DOI: 10.18324/2077-5415-2019-3-14-19.
- РАЙКОВСКИЙ Николай Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология» Омского государственного технического университета (ОмГТУ), г. Омск.  
SPIN-код: 9140-9356

AuthorID (РИНЦ): 684470  
ORCID: 0000-0002-2783-8298  
AuthorID (SCOPUS): 57190974742  
Адрес для переписки: n\_raykovskiy@mail.ru  
**КАЛАШНИКОВ Александр Михайлович**, старший преподаватель кафедры «Холодильная и компрессорная техника и технология» ОмГТУ, г. Омск.  
SPIN-код: 5496-5209  
AuthorID (РИНЦ): 888551  
ORCID: 0000-0002-6847-4937  
Адрес для переписки: kalashnikov\_omgtu@mail.ru

#### Для цитирования

Райковский Н. А., Калашников А. М. Экспериментальное исследование трибологических характеристик перспективных самосмазывающихся материалов для быстроходных узлов трения // Омский научный вестник. Сер. Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2023. Т. 7, № 2. С. 45–51. DOI: 10.25206/2588-0373-2023-7-2-45-51.

Статья поступила в редакцию 14.04.2023 г.

© Н. А. Райковский, А. М. Калашников



# EXPERIMENTAL STUDY OF TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PROMISING SELF-LUBRICATING MATERIALS FOR HIGH-SPEED FRICTION UNITS

N. A. Raikovskiy, A. M. Kalashnikov

Omsk State Technical University,  
Russia, Omsk, Mira Ave., 11, 644050

The paper considers a technique and a stand for experimental study of the tribological characteristics of materials for high-speed «dry» friction units that implement the «finger-disk» friction scheme. As a result of experimental studies, the tribological characteristics of traditional and promising domestic and foreign self-lubricating materials were determined. A significant dependence of the friction-wear characteristics of self-lubricating materials of high-speed «dry» friction units on the sliding speed has been established. At the same time, the best tribological characteristics in the entire range of sliding speeds from 10 m/s to 40 m/s correspond to the Kryolon-3 material.

**Keywords:** friction, wear resistance, polymeric material, experiment.

## References

1. Garkunov D. N. Tribotekhnika: Konstruirovaniye, izgotovleniye i ekspluatatsiya mashin [Tribotechnology: Design, manufacture and operation of machines]. 5th ed., reprint. and additional. Moscow, 2002. 629 p. ISBN 5-94327-093-0. (In Russ.).
2. Braun N. A., Bushe I. A., Buyanovskiy I. A. [et al.]. Osnovy tribologii: Treniye, iznos, smazka [Fundamentals of tribology: Friction, wear, lubrication] / ed. by A. V. Chichinadze. Moscow, 1995. 778 p. ISBN 5-900359-10-7. (In Russ.).
3. Myshkin N. K., Petrokovets M. I. Treniye, iznos, smazka. Fizicheskiye osnovy i tekhnicheskiye prilozheniya tribologii [Friction, wear, lubrication. Physical foundations and technical applications of tribology]. Moscow, 2007. 367 p. ISBN 978-5-9221-0824-9. (In Russ.).
4. Aborkin A. V., Elkin A. I., Sychev A. E. [et al.]. Alymov Iznos v usloviyakh sukhogo treniya kompozitsionnogo materiala na osnove alyuminiyevogo splava, uprochnennogo nanokristallicheskim grafitom [Wear in conditions of dry friction of a composite material based on an aluminum alloy reinforced with nanocrystalline graphite] // Treniye i iznos. *Journal of Friction and Wear*. 2020. Vol. 41, no. 3. P. 323–330. (In Russ.).
5. Struchkov N. F., Lebedev D. I., Vinokurov G. G. Ispytaniya na iznos poroshkovykh pokrytiy i issledovaniya mikrogeometrii poverkhnostey treniya v usloviyakh kholoda [Wear testing of powder coatings and investigations of microgeometry of friction surfaces under cold conditions] // Prirodnyye resursy Arktiki i Subarktiki. *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2022. Vol. 27, no. 2. P. 305–315. DOI: 10.31242/2618-9712-2022-27-2-305-315. (In Russ.).
6. Mashkov Yu. K., Kropotin O. V. Tribofizika i stukturmaya modifikatsiya materialov tribosistem [Tribophysics and structural modification of materials of tribosystems]. Omsk, 2009. 322 p. ISBN 978-5-8149-0804-9. (In Russ.).
7. John M. Self-Lubricating Materials for Extreme Condition Applications / M. John, P. L. Menezes // *Materials*. 2021. Vol. 14. P. 55–88. DOI: 10.3390/ma14195588. (In Engl.).
8. Friedrich K. Polymer composites for tribological applications // *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*. 2018. Vol. 1, no. 1. P. 3–39. DOI: 10.1016/j.aiepr.2018.05.001. (In Engl.).
9. ODO «FTOROTEKS». ALC «FTOROTEKS». URL: <http://www.ftorotex.by> (accessed 04.05.2022). (In Russ.).
10. Nunez E. E., Gheisari R., Polycarpou A. A. Tribology review of blended bulk polymers and their coatings for high-load bearing applications // *Tribology International*. 2018. Vol. 129. P. 92–111. DOI:10.1016/j.triboint.2018.08.002. (In Russ.).
11. Huai W., Zhang C., Wen S. Graphite-based solid lubricant for high-temperature lubrication // *Friction*. 2020. Vol. 9. P. 1660–1672. DOI:10.1007/s40544-020-0456-2. (In Russ.).
12. Bao Q., Li N., Feng J. [et al.]. Using mixture design approach for modeling and optimizing tribology properties of PPESK composites // *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2022. Vol. 163. P. 107256. DOI: 10.1016/j.compositesa.2022.107256. (In Russ.).
13. Zelentsov V. B., Mitrin B. I., Kuznetsova T. A. [et al.]. Nestatsionarnyy iznos dvukhsloynnogo pokrytiya s uchëtom teplovydeleniya ot treniya [Non-steady wear of a two-layer coating taking into account frictional heating] // *Vychislitel'naya mekhanika sploshnykh sred. Computational Continuous Mechanics*. 2020. Vol. 13, no. 1. P. 98–107. DOI: 10.7242/1999-6691/2020.13.1.8. (In Russ.).
14. Reeves C. J., Menezes P. L., Lovell M. R. [et al.] Tribology of solid lubricants // *Tribology for Scientists and Engineers*. New York: Springer, 2013. R. 447–494. (In Engl.).
15. Raykovskiy N. A., Aistov I. P., Ponomarev D. B. Metodika beskontaktnogo izmereniya temperatury poverkhnosti treniya vrashchayushchegosya diska [Methods for contactless measurement of the temperature of the friction surface of a rotating disk] // *Sistemy. Metody. Tekhnologii. Systems. Methods. Technologies*. 2019. No. 3 (43). P. 14–19. DOI: 10.18324/2077-5415-2019-3-14-19. (In Russ.).

**RAYKOVSKIY Nikolai Anatolyevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Refrigeration and Compressor Equipment and Technology Department, Omsk State Technical University (OmSTU), Omsk.  
SPIN-code: 9140-9356

AuthorID (RSCI): 684470  
ORCID: 0000-0002-2783-8298  
AuthorID (SCOPUS): 57190974742  
Correspondence address: n\_raykovskiy@mail.ru  
**KALASHNIKOV Aleksander Mikhailovich**, Assistant  
of Refrigeration and Compressor Equipment and  
Technology Department, OmSTU, Omsk.  
SPIN code: 5496-5209  
AuthorID (RSCI): 888551  
ORCHID: 0000-0002-6847-4937  
Correspondence address: kalashnikov\_omgtu@mail.ru

#### For citations

Raikovskiy N. A., Kalashnikov A. M. Experimental study of tribological characteristics of promising self-lubricating materials for high-speed friction units // Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering. 2023. Vol. 7, no. 2. P. 45 – 51. DOI: 10.25206/2588-0373-2023-7-2-45-51.

Received April 14, 2023.

© N. A. Raikovskiy, A. M. Kalashnikov