

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2023-34-56-59>

## ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩЕГО МАТЕРИАЛА С МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

*Рошин М.Н.<sup>1</sup>, Лукьянов А.И.<sup>1</sup>, Маркачев Н.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, Москва, Россия;*

<sup>2</sup>*АО «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина», Химки, Россия*

**Ключевые слова:** трение, коэффициент трения, нагрузка, скорость, испытания, температура, контактное давление.

**Аннотация.** Трибологические испытания показали, что модифицированная поверхность трения материала «Арголон-2D» нитридом бора в паре со сталью 40X13 имеет лучшие антифрикционные свойства, чем поверхность трения материала «Арголон-2D». При температуре +400°C коэффициент трения материала «Арголон-2D» в 2 раза больше, чем коэффициент трения материала «Арголон-2D»+BN, а при температуре +500°C коэффициент трения материала «Арголон-2D» в 1,1 раза больше, чем коэффициент трения материала «Арголон-2D»+BN.

## TRIBOLOGICAL TESTING OF CARBON-CONTAINING MATERIAL WITH MODIFIED SURFACE AT HIGH TEMPERATURE

*Roshchin M.N.<sup>1</sup>, Lukyanov A.I.<sup>1</sup>, Markachev N.A.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia;*

<sup>2</sup>*Joint Stock Company “Scientific and Production Association n.a. S.A. Lavochkin”, Khimki, Russia*

**Keywords:** friction, coefficient of friction, load, speed, testing, temperature, contact pressure.

**Abstract.** Tribological tests have shown that the modified friction surface of the «Argolon-2D» material with boron nitride paired with 40X13 steel has better antifricition properties than the friction surface of the «Argolon-2D» material. At a temperature of +400°C, the coefficient of friction of the «Argolon-2D» material is 2 times greater than the coefficient of friction of the material «Argolon-2D» +BN, and at a temperature of +500°C, the coefficient of friction of the «Argolon-2D» material is 1.1 times greater than the coefficient of friction of the material «Argolon-2D»+BN.

**Введение.** Обычные подшипники скольжения рассчитаны на определенные условия работы, это касается и температуры эксплуатации.

При создании современной техники в процессе эксплуатации подшипниковые узлы могут испытывать периодически температурные колебания окружающей среды. Возникает необходимость использования подшипников скольжения в узлах при повышенной температуре окружающей среды. Если нет возможности охлаждения подшипника до нормальной рабочей температуры – то в таких случаях применяют термостойкие жаропрочные высокотемпературные антифрикционные материалы.

Уменьшить тепловыделение в узле трения можно путем конструктивных решений, подбором материалов пар трения, применением новых смазочных материалов и покрытий. Применяемые способы должны способствовать уменьшению коэффициента трения, повышению антифрикционности пары трения [1]. Для повышения антифрикционности поверхностей трения в условиях высоких температур применяют твердые смазочные покрытия [2]. В узлах трения при высоких температурах применяют углеродосодержащие композиционные материалы (УУКМ) [3]. Отсутствие триботехнических характеристик материалов УУКМ при высоких температурах сдерживает применение УУКМ в узлах трения.

**Цель работы** – трибологические испытания углеродосодержащего материала с модифицированной поверхностью при высокой температуре.

**Материалы и оборудование.** Трибологические исследования модифицированной поверхности трения нитридом бора проводились на композиционном материале марки «Арголон-2D» в паре со сталью 40X13. Для улучшения трибологических параметров пары трения «Арголон-2D» – сталь 40X13 производилось изменение структуры поверхности трения материала «Арголон-2D». Поверхность трения материала «Арголон-2D» подвергалась температурной пропитке суспензией нитрида бора (BN) с целью повышения антифрикционности. Трибологические испытания проводились на высокотемпературном стенде ВТМТ-1000, который обеспечивает режим трения образцов по пальчиковой схеме в интервале температур от +20 до +800°C при контактном давлении 0,3...1,0 МПа [4]. Схема испытаний «диск-палец» обеспечивает распространение данных испытаний на другие схемы подшипников скольжения. Испытания образцов проводились с линейной скоростью, осевая нагрузка составляла 1,0 МПа, температура – +20...+700 °С. В процессе испытаний измерялись непрерывно температура на поверхности трения и момент трения. Испытания проведены в нормальных атмосферных условиях.

**Результаты эксперимента.** Пара трения при испытаниях: углеродосодержащего материала «Арголон-2D»+BN – сталь 40X13. В результате испытаний была установлена зависимость коэффициента трения при нагрузке 1,0 МПа и скорости 0,05 м/с от температуры (рис. 1). В диапазоне температур 20...700°C значения коэффициента трения материала «Арголон-2D»+BN при испытываемой скорости и нагрузке значительно меньше, чем материала «Арголон-2D». При температуре +400°C коэффициент трения материала «Арголон-2D» в 2 раза больше, чем коэффициент трения материала «Арголон-2D»+BN, а при температуре +500°C коэффициент трения материала «Арголон-2D» в 1,1 раза больше, чем коэффициент трения материала «Арголон-2D»+BN. В рабочем диапазоне температур +400...+500°C изменение коэффициента трения при нагрузке 1,0 МПа и скорости 0,05 м/с находится в диапазоне 0,12-0,26, что является приемлемыми значениями для проектирования приводов космических аппаратов.

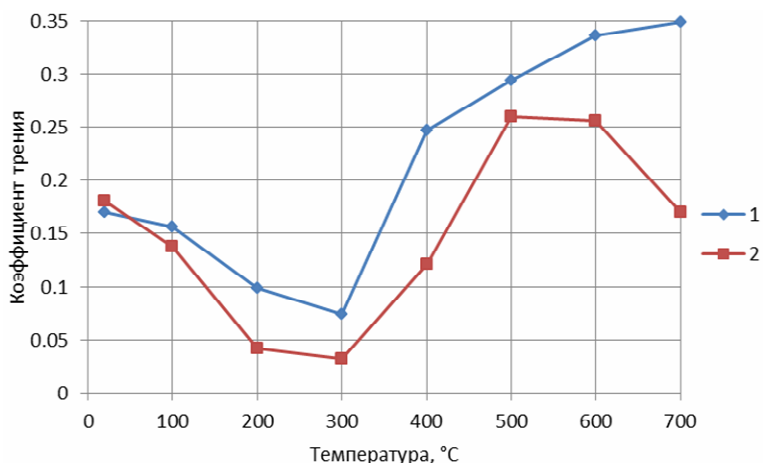


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 1,0 МПа и скорости 0,05 м/с материалов: 1 – «Арголон-2D», 2 – «Арголон-2D»+BN

**Выводы.** Модифицированная поверхность трения материала «Арголон-2D» нитридом бора в паре со сталью 40X13 имеет лучшие антифрикционные свойства, чем поверхность трения материала «Арголон-2D». При температуре +400°C коэффициент трения материала «Арголон-2D» в 2 раза больше, чем коэффициент трения материала «Арголон-2D»+BN, а при температуре +500°C коэффициент трения материала «Арголон-2D» в 1,1 раза больше, чем коэффициент трения материала «Арголон-2D»+BN. Результаты, проведенных исследований, предназначены для использования при проектировании подшипников скольжения с углеродосодержащими материалами при высоких температурах.

### Список литературы

1. Чичинадзе А.В., Браун Э.Д., Буше Н.А. и др. Основы трибологии (трение, износ, смазка): учеб. для вузов.– М.: Машиностроение, 2001. – 664 с.
2. Лобова Т.А., Марченко Е.А. Влияние состояния основы на структуру и трибологические характеристики покрытий диселенида молибдена (MoSe<sub>2</sub>) // Материаловедение. – 2019.– № 11. – С. 9-13.
3. Новые материалы / Колл. авторов; Под науч. ред. Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
4. Roshchin M.N. High-temperature installation for testing composite ceramic materials on the friction and wear behavior // Journal of Physics: Conference Series. 2020, vol. 1515, p. 042050.

### References

1. Chichinadze A.V., Brown E.D., Boucher N.A., etc. Fundamentals of tribology (friction, wear, lubrication): textbook. for universities. – М.: Mechanical Engineering, 2001. – 664 p.
2. Lobova T.A., Marchenko E.A. Influence of the base state on the structure and tribological characteristics of molybdenum diselenide (MoSe<sub>2</sub>) coatings // Materials Science. 2019, no. 11, pp. 9-13.

3. New materials / Call of authors; Under the scientific editorship of Yu.S. Karabasov. – M.: MISIS, 2002. – 736 p.
4. Roshchin M.N. High-temperature installation for testing composite ceramic materials on the friction and wear behavior // Journal of Physics: Conference Series. 2020, vol. 1515, p. 042050.

<b>Рощин Михаил Николаевич</b> – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник	<b>Roshchin Mikhail Nikolaevich</b> – candidate of technical sciences, leading researcher
<b>Лукьянов Алексей Игоревич</b> – младший научный сотрудник	<b>Lukyanov Alexey Igorevich</b> – junior researcher
<b>Маркачев Николай Александрович</b> – кандидат технических наук, ведущий конструктор roschin50@yandex.ru	<b>Markachev Nikolay Alexandrovich</b> – candidate of technical sciences, leading designer

*Received 12.02.2023*