

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2024-44-70-73>

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И СКОРОСТИ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ УГЛЕРОД-УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ**

***Роцин М.Н.***

*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук,  
Москва, Россия*

**Ключевые слова:** трение, коэффициент трения, нагрузка, скорость, испытания, поверхность, материал.

**Аннотация.** Приведены результаты трибологических испытаний углерод-углеродного материала Углекон, поверхность которого модифицирована модификатором (Se-ПТФЭ), со сталью 40X13 в диапазоне температур 20...600°C, при нагрузке 1,0 МПа и скорости скольжения 0,05...0,25 м/с. Материал Углекон + (Se-ПТФЭ) имеет хорошие антифрикционные характеристики при температуре 20...500°C, коэффициент трения изменяется в пределах 0,064...0,28.

## **THE EFFECT OF TEMPERATURE AND VELOCITY ON THE COEFFICIENT OF FRICTION OF A CARBON-CARBON MATERIAL AT HIGH TEMPERATURE**

***Roshchin M.N.***

*Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences,  
Moscow, Russia*

**Keywords:** friction, coefficient of friction, load, speed, testing, surface, material.

**Abstract.** The results of tribological tests of carbon-carbon material Carbon, the surface of which is modified with a modifier (Se-PTFE), with steel 40X13 in the temperature range 20...600°C, at a load of 1,0 MPa and a sliding speed of 0,05...0,25 m/s are presented.. The carbon + (Se-PTFE) material has good antifricition characteristics at a temperature of 20...500°C, the coefficient of friction varies between 0,064...0,28.

### **Введение.**

Процессы, протекающие в паре трения при высокой температуре, зависят от многих факторов, которые действуют одновременно: изменяются механические свойства материалов, изменяются зазоры в узлах трения, искажается геометрическая форма деталей, возрастает химическая активность поверхностей трения, взаимодействующих друг с другом и окружающей средой, ускоряются процессы диффузии и десорбции в материалах, что приводит к значительным изменениям поверхностей трения. Температура в узле трения растет с увеличением нормальной нагрузки, коэффициента трения, скорости скольжения и уменьшением теплопроводности контактирующих тел. При высокой температуре пленка смазки разрушается и трение контактирующих поверхностей переходит в граничный режим и в сухое трение. Поверхности трения при граничной смазке разделены не сплошным слоем смазочного материала малой толщины, которая соизмерима

с максимальной высотой неровностей профиля шероховатости [1]. В узлах трения, работающих при высоких температурах, необходимо снижать коэффициент трения. Снижению коэффициента трения при высоких температурах в узлах трения может способствовать применение новых антифрикционных материалов в узлах трения и использование высокотемпературных смазок или твердосмазочных покрытий (ТСП) [2]. ТСП используются также в качестве основных компонентов самосмазывающихся антифрикционных материалов. В отличие от жидких масел при их использовании не требуется специальных уплотнений и систем циркуляции смазки, что значительно упрощает конструкции узлов трения. Применение ТСП исключает необходимость периодического введения смазочного материала, что особенно в процессе эксплуатации летательных аппаратов и роботизированных систем. При высоких температурах в узлах трения применяют углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ) [3]. Трибологические параметры при использовании УУКМ в узлах трения при высоких температурах недостаточно изучены и поэтому их применение сдерживается.

Цель работы – изучить влияние температуры и скорости на коэффициент трения углерод-углеродного материала типа Углекон при высоких температурах.

**Материалы и методы исследований.** Трибологические испытания проводились с использованием углерод-углеродного материала Углекон в паре со сталью 40Х13 при высокой температуре. Для повышения антифрикционных свойств поверхность образцов Углекон подвергалась модификации. В качестве антифрикционного модификатора поверхности трения использовалась композиция селена и политетрафторэтилена (Se-ПТФЭ). В результате модификации поверхности трения материала Углекон была получена поверхность с новыми трибологическими свойствами. При исследовании трибологических параметров модифицированной поверхности материала Углекон+(Se-ПТФЭ) в паре со сталью 40Х13 использовался высокотемпературный трибологический стенд ВТМТ-1000 [4]. Схема испытаний на стенде реализована как «диск-палец». Температура при испытаниях находилась в диапазоне 20...600°С, нагрузка – 1,0 МПа, скорость скольжения составляла 0,05...0,25 м/с. Испытания должны моделировать условия работы натурального узла трения. Используемая схема испытаний «диск-палец» позволяет распространять результаты стендовых испытаний на другие схемы сопряжений в подшипниках скольжения. При проведении испытаний измерение момента трения и температуры проводилось непрерывно.

**Результаты и обсуждение.** При исследовании трибологических параметров пары трения Углекон – сталь 40Х13 в диапазоне температур 20...600°С при скоростях 0,05...0,25 м/с и нагрузке 1,0 МПа было установлено изменение коэффициента трения от температуры и скорости (рис. 1). В диапазоне температуры 20...500°С, скорости 0,05...0,2 м/с и нагрузке 1,0 МПа

коэффициент трения материала Углекон+(Se-ПТФЭ) изменяется в пределах 0,064-0,138. При температуре выше 400°C, скорости 0,25 м/с коэффициент трения резко возрастает, но при температуре 500°C он не переходит значение 0,3. Модифицированная поверхность трения материала Углекон+(Se-ПТФЭ) имеет хорошие трибологические свойства, способные обеспечить работоспособность узла трения в диапазоне температуры 20...500°C, скорости 0,05...0,25 м/с и нагрузке 1,0 МПа.

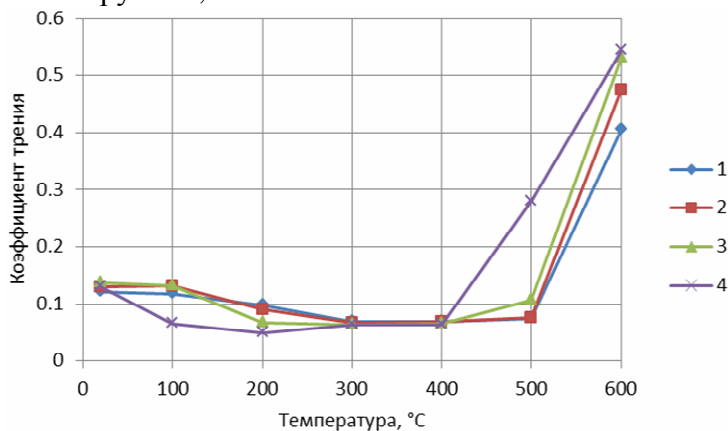


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от температуры модифицированного материала Углекон+(Se-ПТФЭ) при нагрузке 1,0 МПа и скорости, м/с: 1 – 0,05; 2 – 0,16; 3 – 0,2; 4 – 0,25

**Выводы.** Модифицированная поверхность трения материала Углекон модификатором (Se-ПТФЭ) имеет хорошие трибологические свойства в диапазоне температур 20...500°C, скорости 0,05...0,25 м/с и нагрузке 1,0 МПа, коэффициент трения находится в диапазоне 0,064...0,28. Полученные результаты в области высокотемпературных испытаний материалов на трение предназначены для использования при проектировании подшипников скольжения, работающих при высокой температуре.

### Список литературы

1. Измайлов В.В., Новоселова М.В. О влиянии температуры на коэффициент трения металлических поверхностей // Вестник Тверского государственного технического университета. – 2018. – №1(33). – С.44-49.
2. Лобова Т.А., Марченко Е.А. Влияние состояния основы на структуру и трибологические характеристики покрытий диселенида молибдена ( $\text{MoSe}_2$ ) // Материаловедение. – 2019. – № 11. – С. 9-13. – DOI: 10.31044/1684-579X-2019-0-11-9-13.
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. DOI: 10.1088/1742- 6596/1515/4/042050.

## References

1. Izmailov V.V., Novoselova M.V. On the effect of temperature on coefficient of friction of metal surfaces // Bulletin of Tver State Technical University. 2018, no. 1(33), pp. 44-49.
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. DOI: 10.31044/1684-579X-2019-0-11-9-13.
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. DOI: 10.1088/1742- 6596/1515/4/042050.

<b>Рощин Михаил Николаевич</b> – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник	<b>Roshchin Mikhail Nikolaevich</b> – candidate of technical sciences, leading researcher
roschin50@yandex.ru	

*Received 31.10.2024*