

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2023-38-24-27>

## ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ МАТЕРИАЛА УГЛЕКОН В ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ ОТ НАГРУЗКИ И ТЕМПЕРАТУРЫ

*Роцин М.Н.*

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

**Ключевые слова:** трение, коэффициент трения, трибологические испытания, сталь 40X13, Углекон.

**Аннотация.** Приведены результаты трибологических испытаний углеродосодержащего материала Углекон в паре со сталью 40X13, применяемых в подшипниках скольжения. Выявлено влияние скорости скольжения и нагрузки на коэффициент трения при температуре 400°C. Показано, что при нагрузке 1,0 МПа коэффициент трения материала Углекон в диапазоне скоростей 0,05-0,25 м/с значительно ниже, чем при нагрузке 0,67 МПа.

## CHANGE IN THE COEFFICIENT OF FRICTION OF THE CARBON FIBER MATERIAL IN SLIDING BEARINGS FROM LOAD AND TEMPERATURE

*Roshchin M.N.*

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

**Keywords:** friction, coefficient of friction, tribological tests, steel 40X13, carbon.

**Abstract.** The results of tribological tests of carbon-containing carbon fiber material paired with 40X13 steel used in sliding bearings are presented. The influence of sliding speed and load on the coefficient of friction at a temperature of 400°C. It is shown that at a load of 1,0 MPa, the coefficient of friction of the Carbon fiber material in the speed range of 0,05-0,25 m/s is significantly lower than at a load of 0,67 MPa.

### Введение

Подшипники скольжения обычно рассчитываются на определенные условия работы, в том числе на температурный диапазон работы. Поэтому, если предполагается использовать подшипники скольжения в широком диапазоне температур, необходимо использовать специальные высокотемпературные и антифрикционные материалы. Также иногда возникает необходимость работы при низких температурах, от -60°C, для этого предназначены низкотемпературные подшипники. При эксплуатации подшипников скольжения при повышенной температуре окружающей среды либо при нагреве посадочного места подшипника, если нет возможности охлаждения подшипника до нормальной рабочей температуры, то в таких случаях применяют термостойкие жаропрочные высокотемпературные подшипники. Нормальная рабочая температура подшипника зависит от конструкции узла трения и от трения в подшипнике. Стандартные промышленные подшипники скольжения обычно не подходят для работы в условиях высокой температуры. Термическое расширение деталей

подшипника приводит к изменению линейных размеров деталей подшипника скольжения, приводящее к заклиниванию и разрушению подшипника [1]. При высоких температурах, при которых работает подшипник скольжения, в отсутствие жидкой смазки используют твердосмазочные покрытия (ТСП) или антифрикционные материалы, работающие без смазки [2]. Для уменьшения коэффициента трения применяют антифрикционные материалы, способные работать при высоких температурах, что позволяет создавать работоспособные агрегаты с низким коэффициентом трения. Применение углеродосодержащих композиционных материалов (УУКМ) способствует повышению антифрикционности узлов трения при высоких температурах [3]. Применение УУКМ в узлах трения при высоких температурах сдерживается из-за недостаточности информации по трибологическим параметрам материалов.

Цель работы – изучить изменение коэффициента трения материала Углекон в подшипниках скольжения от нагрузки и температуры.

**Материалы и методы исследований.** Трибологические исследования параметров углеродосодержащего материала марки Углекон, применяемого в подшипниках скольжения, проводились в паре со сталью 40Х13. Испытания проводились на высокотемпературном стенде ВТМТ-1000 [4]. При испытаниях была реализована схема контакта «диск-палец». Испытания проводились при температуре: 400°С, нагрузке 0,67 и 1,0 МПа, скорости скольжения 0,05-0,25 м/с. Параметры испытания моделировали условия работы подшипника скольжения. Используемая схема испытаний «диск-палец» позволяет распространять результаты стендовых испытаний на другие схемы сопряжений в подшипниках скольжения. В процессе испытаний температура и момент трения измерялись непрерывно.

**Результаты и обсуждение.** По результатам испытаний было установлено изменение коэффициента трения от скорости и нагрузки (рис. 1).

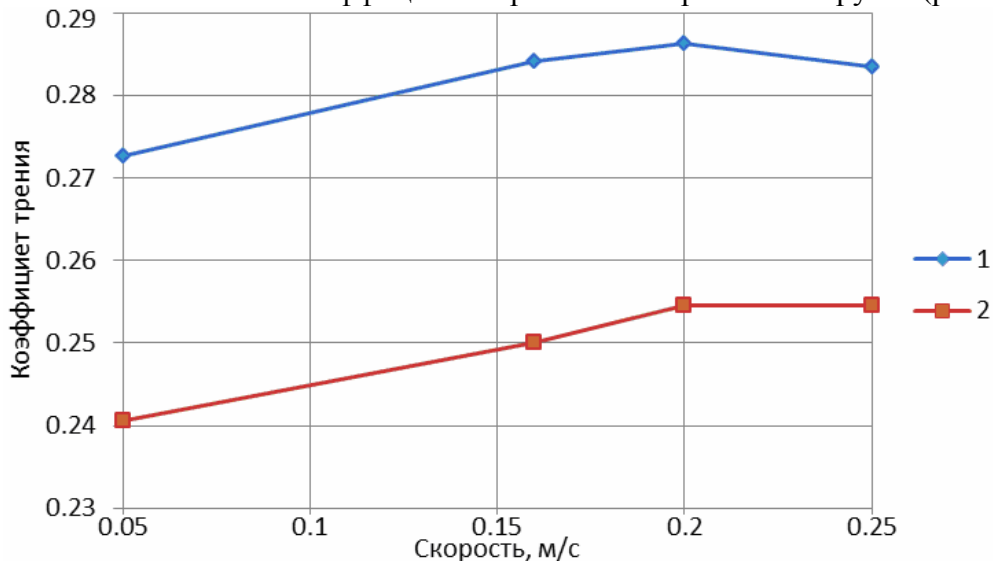


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от скорости при температуре 400°С материала Углекон при нагрузке, МПа: 1-0,67; 2-1,0

Увеличение скорости приводит к увеличению коэффициента трения для обоих режимов испытаний. При нагрузке 1,0 МПа коэффициент трения материала Углекон в диапазоне скоростей 0,05 – 0,25 м/с значительно ниже, чем при нагрузке 0,67 МПа. При нагрузке 0,67 МПа и скорости 0,05 м/с коэффициент трения больше на 11,4%, чем при нагрузке 1,0 МПа, а при скорости 0,2 м/с коэффициент трения больше на 13%, чем при нагрузке 1,0 МПа. С увеличением температуры уменьшаются механические характеристики, в том числе твердость. С размягчением материала поверхностных слоев УУКМ увеличивается деформационная составляющая силы трения и, соответственно имеет место устойчивый рост коэффициента трения. Скорость скольжения влияет на выделение тепла вследствие диссипации механической энергии в процессе фрикционного взаимодействия пары трения. Дополнительный нагрев материала приводит к размягчению материала поверхностных слоев УУКМ и увеличению деформационной составляющей силы трения.

### **Выводы**

Проведенные трибологические исследования выявили, что при нагрузке на образцы 1,0 МПа коэффициент трения имеет меньшее значение, чем при нагрузке 0,67 МПа. Увеличение скорости приводит к увеличению коэффициента трения для обоих режимов испытаний.

Полученные результаты в области высокотемпературных испытаний материалов на трение предназначены для использования при проектировании узлов трения, работающих при высокой температуре.

### **Список литературы**

1. Трение, изнашивание и смазка: Справочник. В 2-х кн. / Под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина. – М.: Машиностроение, 1978. – Кн.1. – 1978. – 400 с.
2. Смазочные материалы. Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник / Под ред. Р.М. Матвеевский, В.Л. Лашхи, И.А. Буяновский и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 217 с.
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. Friction, Wear and lubrication: Handbook. In 2 books / Edited by I.V. Kragelsky, V.V. Alisina. – M.: Mechanical Engineering, 1978. – Book 1. – 1978. –400 p.
2. Lubricants. Anti-friction and anti-wear properties. Test methods: Reference / Edited by R.M. Matveevsky, V.L. Lashkhi, I.A. Buyanovsky, etc. – M.: Mechanical Engineering, 1989. – 217 p.
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
roschin50@yandex.ru	

*Received 02.11.2023*