

## ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ С МАТЕРИАЛОМ УГЛЕКОН ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

*Рощин М.Н.*

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

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

**Аннотация.** Приведены результаты трибологических испытаний углеродосодержащего материала “Углекон-Т” со сталью 40X13 в диапазоне температур 300...500°C, при нагрузке 0,22...1,0 МПа и скорости скольжения 0,16 м/с. Материал “Углекон-Т” имеет хорошие антифрикционные характеристики при температуре 300°C и нагрузке 0,22...1,0 МПа, коэффициент трения изменяется в пределах 0,05-0,07. При температуре 400°C и нагрузке 0,5 МПа коэффициент трения в 5,9 раз больше, чем при температуре 300°C, а при температуре 500°C коэффициент трения в 8,3 раз больше, чем при температуре 300°C.

## TRIBOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SLIDING BEARINGS WITH CARBON FIBER MATERIAL AT HIGH TEMPERATURE

*Roshchin M.N.*

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

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

**Abstract.** The results of tribological tests of carbon-containing material “Carbon-T” with 40X13 steel in the temperature range of 300...500°C, with a load of 0,22...1,0 MPa and a sliding speed of 0,16 m/s are presented. The material “Carbon-T” has good antifricition characteristics at a temperature of 300°C and a load of 0,22 ...1,0 MPa, the coefficient of friction varies between 0,05-0,07. At a temperature of 400°C and a load of 0,5 MPa, the coefficient of friction is 5,9 times greater than at a temperature of 300°C, and at a temperature of 500°C, the coefficient of friction is 8,3 times greater than at a temperature of 300°C.

### **Введение**

Узлы трения современной техники и промышленного оборудования, работают при высоких температурах. Особенно это наблюдается в горячих производствах и при создании авиационной и ракетно-космической техники. Использование смазки и подбор смазочного материала при высокой температуре требует определенных конструктивных доработок узла трения. При высоких температурах изменяются геометрические размеры деталей подшипника скольжения, изменяются условия смазки трущихся поверхностей. С ростом нагрузки и скоростей скольжения образуется дополнительное тепло, которое увеличивает температурный режим работы подшипника, который влияет на свойства смазочного материала. При высокой температуре вязкость смазки уменьшается и смазочный слой не сможет обеспечить разделение трущихся поверхностей, что приводит к режиму граничного и сухого трения. При

граничной смазке поверхность сопряженных тел разделена слоем смазочного материала малой толщины, которая соизмерима с максимальной высотой неровностей профиля шероховатости [1]. При эксплуатации агрегатов с узлами трения при высоких температурах применение традиционных конструкционных машиностроительных материалов не может обеспечить работоспособность механизмов и узлов трения. Для работы в условиях высоких температур необходимо использовать новые антифрикционные материалы в узлах трения, которые способны работать при высоких температурах с низким коэффициентом трения. Материалы, применяемые в узлах при высоких температурах, должны обеспечивать его работоспособность и надежность. Для смазки подшипников скольжения при высоких температурах и повышения антифрикционности используют высокотемпературные смазки или твердые смазочные материалы и покрытия (ТСП) [2]. ТСП показывают работоспособность при высокой температуре и при малых скоростях, когда не создается масляный клин в парах трения. Широко используются при консервации техники. ТСП упрощают конструктивное исполнение узлов трения. При создании ракетно-космической техники с большими перепадами температур узлы трения с использованием ТСП обеспечивают работоспособность исполнительных органов. Для обеспечения работоспособности узлов трения в условиях агрессивной атмосферы и высоких температур используют углеродосодержащие композиционные материалы (УУКМ) [3]. Трибологические параметры материалов УУКМ в узлах трения при высоких температурах изучены недостаточно, что сдерживает процесс широкого их применения.

Цель работы – исследовать трибологические характеристики подшипников скольжения с материалом Углекон при высокой температуре.

**Материалы и методы исследований.** Проводились трибологические испытания углеродосодержащего материала марки “Углекон-Т” при высокой температуре в паре со сталью 40Х13. В качестве контртела была выбрана жаропрочная коррозионностойкая сталь 40Х13. Трибологические исследования проводились на модернизированном высокотемпературном стенде ВТМТ-1000 [4]. Испытание проводилось на образцах по схеме «диск-палец» в интервале температур 300...500°С при нагрузке 0,22...1,0 МПа и скорости скольжения 0,16 м/с. Испытания должны моделировать условия работы натурального узла трения. Данная схема испытаний «диск-палец» позволяет распространять результаты стендовых испытаний на другие схемы сопряжений. В процессе испытаний в режиме онлайн проводилось измерение момента трения и температуры.

**Результаты и обсуждение.** Проводилось изучение трибологических параметров “Углекон-Т” в паре со сталью 40Х13 в диапазоне температур 300...500°С при скорости скольжения 0,16 м/с и нагрузке 0,22...1,0 МПа. По результатам испытаний была установлено изменение коэффициента трения от температуры и нагрузки (рис. 1). С увеличением температуры коэффициент трения материала “Углекон-Т” увеличивается. При нагрузке 0,5 МПа температуре 300°С коэффициент трения материала “Углекон-Т” изменяется в пределах 0,05-0,07. При температуре 400°С и нагрузке 0,5 МПа коэффициент

трения в 5,9 раз больше, чем при температуре 300°C, а при температуре 500 °С коэффициент трения в 8,3 раз больше, чем при температуре 300°C. Рост коэффициента трения объясняется окислительными процессами при температуре больше 300°C. Для уменьшения окисления материала “Углекон-Т” при температуре более 300°C необходимо наносить защитные покрытия или изменять структуру поверхности трения.

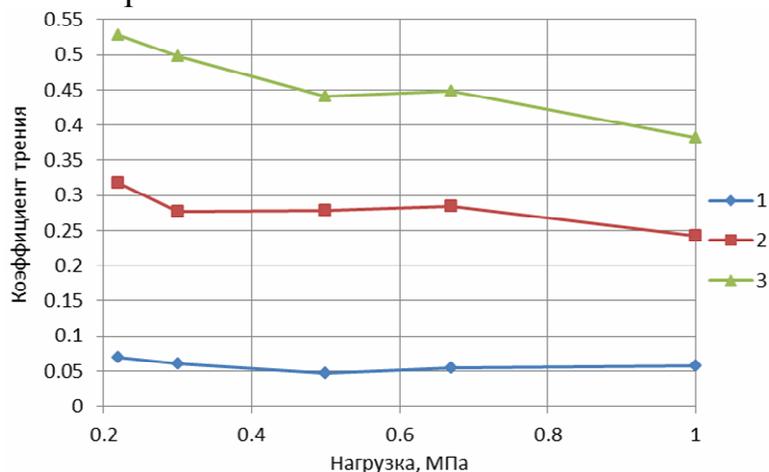


Рис. 1. Изменение коэффициента трения от нагрузки материала “Углекон-Т” при скорости 0,16 м/с и температуры, °С: 1-300; 2-400; 3-500

**Выводы.** Материал “Углекон-Т” имеет хорошие антифрикционные характеристики при температуре 300°C и нагрузке 0,22...1,0 МПа, коэффициент трения изменяется в пределах 0,05-0,07. При температуре 400°C и нагрузке 0,5 МПа коэффициент трения в 5,9 раз больше, чем при температуре 300°C, а при температуре 500°C коэффициент трения в 8,3 раз больше, чем при температуре 300°C. Для уменьшения окисления материала “Углекон-Т” при температуре более 300°C необходимо наносить защитные покрытия или изменять структуру поверхности трения. Полученные результаты в области высокотемпературных испытаний материалов на трение предназначены для использования при проектировании узлов трения, работающих при высоких температурах.

#### Список литературы

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безизносность): Учебник – 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Изд-во МСХА, 2001. – 616 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 r// Journal of Physics: Conference Series. 2020, vol. 1515, .p. 042050.

#### Сведения об авторе:

Рощин Михаил Николаевич – к.т.н., ведущий научный сотрудник.