

## ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ В ПАРЕ УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИЙ МАТЕРИАЛ – СТАЛЬ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*Рощин М.Н.*

*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия*

**Ключевые слова:** трение, коэффициент трения, нагрузка, высокотемпературные испытания, контактное давление, УУКМ.

**Аннотация.** Приведены результаты трибологических испытаний углеродосодержащих материалов "Арголон-2D", "Хардкарб-ТПГ", "Углекон-Т" со сталью 40X13 при температур 300...800°C, нагрузке 1,0 МПа и скорости 0,16 м/с. Лучшими антифрикционными свойствами обладает материал "Хардкарб-ТПГ", чем "Арголон-2D" и "Углекон-Т". В диапазоне температуры 400...500°C коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" изменяется в пределах 0,19-0,23. При температуре 400°C коэффициент трения материала "Арголон-2D" на 73% больше, а материала "Углекон-Т" на 26% больше, чем материала "Хардкарб-ТПГ", а при температуре 500°C коэффициент трения материала "Арголон-2D" на 61% больше, а материала "Углекон-Т" на 66% больше, чем материала "Хардкарб-ТПГ" соответственно.

## CHANGE IN THE COEFFICIENT OF FRICTION IN A CARBON- CONTAINING MATERIAL – STEEL PAIR AT HIGH TEMPERATURES

*Roshchin M.N.*

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

**Keywords:** friction, coefficient of friction, load, high temperature tests, contact pressure, UCCM.

**Abstract.** The results of tribological tests of carbon-containing materials "Argolon-2D", "Hardcarb-TPG", "Uglekon-T" with steel 40X13 at temperatures of 300...800°C, load 1.0MPa and speed 0.16m/s are presented. The material "Hardcarb-TPG" has better antifricion properties than "Argolon-2D" and "Uglekon-T". In the temperature range of 400...500°C, the coefficient of friction of the "Hardcarb-TPG" material varies between 0.19-0.23. At a temperature of 400°C, the coefficient of friction of the "Argolon-2D" material is 73% greater, and the "Uglekon-T" material is 26% greater than the "Hardcarb-TPG" material, and at a temperature of 500°C, the coefficient of friction of the "Argolon-2D" material is 61% greater, and the "Uglekon-T" material is 66% more than the "Hardcarb-TPG" material, respectively.

### **Введение**

Для обеспечения работоспособности узлов трения, работающих в условиях высоких температур, требуется выполнение дополнительных условий. При этом необходимы специальные смазочные материалы или же твердосмазочные покрытия (ТСП), которые в данном случае играют роль сухого смазочного материала [1, 2]. В частности, удовлетворительная работа узлов трения при высоких температурах в основном достигается двумя способами: применением специальных смазочных материалов и нанесением специальных смазочных покрытий на трущиеся поверхности. Покрытия в данном случае играют роль сухого смазочного материала. Для снижения

коэффициента трения необходима разработка антифрикционных материалов, способных работать при низких и высоких температурах. Обеспечение работоспособности узлов трения, использованием традиционных конструкционных материалов, не отвечает выполнению поставленных задач современной технике. При высоких температурах необходимы антифрикционные углепластики, которые могут повысить рабочую температуру в узле трения и увеличить ресурс работы изделия. Для работы узлов трения в условиях высоких температур используют материалы на основе углеродосодержащих композиций (УУКМ) [3]. Материал УУКМ обладает низкой плотностью, хорошие характеристики прочности и стойкости к адгезионному схватыванию. Трибологические параметры материалов УУКМ для работы в узлах трения при высоких температурах изучены недостаточно, поэтому применение их сдерживается.

**Цель работы** – изучение изменения коэффициента трения пары углеродосодержащий материал – сталь при высоких температурах.

#### **Материалы и методы исследований**

Исследования трибологических параметров образцов из углеродосодержащих материалов при высоких температурах проводились на материалах марки:

- "Арголон-2D",
- "Углекон-Т",
- "Хардкарб-ТПГ", изготовлен из углеродной ткани типа Саржа 2/2-1000-12К-400 (ПАН волокно) с графитированием.

Для испытания пара трения состояла из образцов углеродосодержащего композиционного материала и образца из жаропрочной коррозионностойкой стали 40X13. Испытания по определению трибологических параметров проводились на модернизированном высокотемпературном стенде ВТМТ-1000 [4]. Схема испытаний была выбрана «диск-палец». Испытания проводились при температур 300...800°C, нагрузке 1,0 МПа и скорости скольжения 0,16 м/с. Параметры испытания должны отражать условия работы натурального узла трения. Схема испытаний «диск-палец» позволяет распространять результаты стендовых испытаний на другие схемы подшипников скольжения. В процессе испытаний нагрузка задавалась дискретно, измерение момента трения и температуры проводилось в режиме онлайн.

**Результаты испытаний и обсуждение.** При испытании материалов "Арголон-2D", "Углекон-Т" и "Хардкарб-ТПГ" в паре со сталью 40X13 при нагрузке 1,0 МПа и скорости скольжения 0,16 м/с установлена зависимость коэффициента трения от температуры (рис. 1). Лучшими антифрикционными свойствами обладает материал "Хардкарб-ТПГ", чем «Арголон-2D» и «Углекон-Т». В диапазоне температуры 400...500°C коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" изменяется в пределах 0,19-0,23. При температуре 400°C коэффициент трения материала "Арголон-2D" на 73% больше, а материала "Углекон-Т" на 26% больше, чем материала "Хардкарб-ТПГ", а при

температуре 500°C коэффициент трения материала "Арголон-2D" на 61% больше, а материала "Углекон-Т" на 66% больше, чем материала "Хардкарб-ТПГ" соответственно.

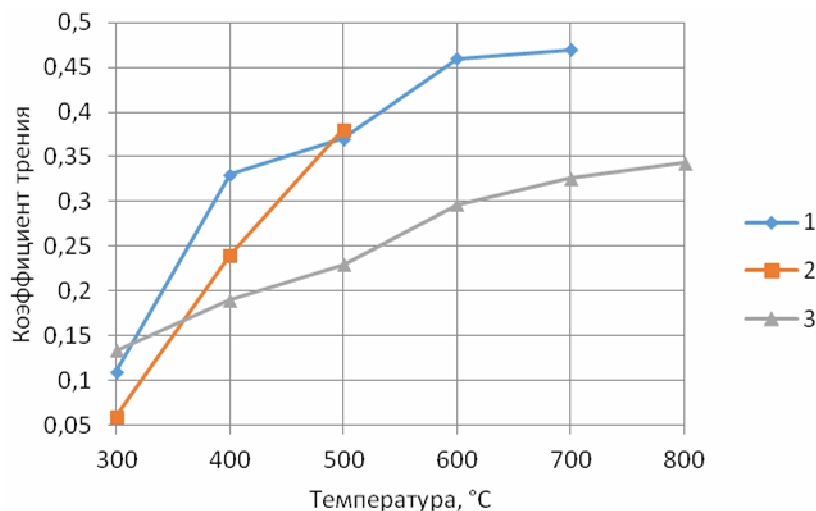


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от температуры при нагрузке 1,0 МПа и скорости 0,16 м/с материалов: 1-"Арголон-2D", 2-"Углекон-Т", 3-"Хардкарб-ТПГ"

### Выводы

Проведенные исследования показали, что лучшими антифрикционными свойствами обладает материал "Хардкарб-ТПГ", чем "Арголон-2D" и "Углекон-Т". В диапазоне температуры 400...500°C коэффициент трения материала "Хардкарб-ТПГ" изменяется в пределах 0,19-0,23. При температуре 400°C коэффициент трения материала "Арголон-2D" на 73% больше, а материала "Углекон-Т" на 26% больше, чем материала "Хардкарб-ТПГ", а при температуре 500°C коэффициент трения материала "Арголон-2D" на 61% больше, а материала "Углекон-Т" на 66% больше, чем материала "Хардкарб-ТПГ" соответственно. Полученные результаты предназначены для использования при проектировании подшипников скольжения с углеродосодержащими материалами.

### Список литературы

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин): Учебник. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: "Издательство МСХА", 2002. – 632с.
2. Криони Н.К. Исследование триботехнических свойств металлических поверхностей, разделенных пленкой твердого смазочного покрытия, при высоких температурах фрикционного контакта // Вестник УГАТУ. – 2004. – Т. 5, № 1(9). – С. 48-54.
3. Новые материалы. Колл. авторов / Под научной редакцией 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. Garkunov D.N. Tribotechnics (design, manufacture and operation of machines): Textbook. – 5th ed., reprint and additional. – M.: Publ. House of the Ministry of Agriculture, 2002. – 632p.
2. Krioni N.K. Investigation of tribotechnical properties of metal surfaces separated by a film of a solid lubricating coating at high friction contact temperatures // UGATU Herald. – 2004. – Vol. 5, No. 1(9). – P. 48-54.
3. New materials. Call of authors / Under the scientific editorship of Yu.S. Karabasov. – Moscow: 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 12.09.2022*