

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ СКОЛЬЖЕНИЯ НА КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*Рощин М.Н.*

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

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

**Аннотация.** Работа посвящена высокотемпературным лабораторным трибологическим испытаниям углеродосодержащих материалов. Установлено, что при температуре 700°C и нагрузке 1,0МПа коэффициент трения при скорости 0,05м/с меньше коэффициента трения, чем при скорости 0,16 и 0,25м/с в 1,3 и 1,1 раза, соответственно.

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF SLIDING SPEED ON THE FRICTION COEFFICIENT OF CARBON-CONTAINING MATERIALS AT HIGH TEMPERATURES

*Roshchin M.N.*

*Institute of machines science named after A.A. Blagonravov RAS, Moscow*

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

**Abstract.** The work is devoted to high-temperature laboratory tribological tests of carbon-containing materials. It was found that at a temperature of 700°C and a load of 1.0 MPa, the coefficient of friction at a speed of 0.05 m / s is less than the coefficient of friction at a speed of 0.16 and 0.25 m / s by 1.3 and 1.1 times, respectively.

При разработке и создании космических аппаратов с увеличением их функциональных возможностей требуются новые материалы, которые должны выдерживать экстремальные нагрузки космических полетов (высокие температура, давление и т.д.) и иметь достаточно низкую удельную массу. В условиях длительных полетов космических аппаратов в открытом космосе для обеспечения работоспособности узлов трения, например, механизмов поворота антенн, требуются материалы, которые кроме хороших антифрикционных свойств, должны обладать хорошей стойкостью к адгезионному схватыванию. Поэтому для работы в условиях высоких температур в узел трения должен входить неметаллический материал. Наибольший интерес в этих условиях представляют керамические и углеродные композиты [1].

Поиск новых материалов и правильный выбор их для узлов трения – один из эффективных путей повышения надежности и долговечности машин. Проблема выбора материалов для узлов трения усложняется еще тем, что в экстремальных условиях испытаний работы узлов трения необходимо создать условия близкие к реальным. Моделирование работы узлов трения, работающих при высоких температурах, усложняется созданием специального оборудования и методики проведения эксперимента. Отсутствие унифицированных методов

испытаний объясняется сложностью процессов, происходящих при трении, наличием большого числа факторов, влияющих на процесс трения.

Большой интерес при создании узлов трения представляют углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ), содержащие углеродный армирующий элемент в виде дискретных волокон. Достоинствами УУКМ являются малая плотность (1,3 – 2,1 т/м<sup>3</sup>); высокие теплоемкость, сопротивление тепловому удару, эрозии и облучению; высокие прочность и жесткость [2]. Широкое применение УУКМ в узлах трения при высоких температурах сдерживается в связи с тем, что коэффициент трения имеет высокое значение.

**Цель работы** – исследовать влияние скорости и нагрузки на коэффициент трения углеродосодержащего композиционного материала марки «Арголон-2D» при трении по стали 40X13 при температуре 300°С и 700°С.

Для решения поставленной задачи было изучено влияния скорости и нагрузки при трении материала марки «Арголон-2D» по стали 40X13 при температуре 300°С и 700°С.

Сравнительные трибологические испытания проводились на высокотемпературном стенде ВТМТ-1000, разработанном в ИМАШ РАН, обеспечивающий режим трения образцов по пальчиковой схеме в интервале температур 20...1000°С в условиях удельных нагрузок 0,12...1,0МПа и скорости скольжения 0,05-0,25м/с. В процессе испытаний осуществлялся контроль удельной нагрузки на испытуемые образцы, скорости вращения шпинделя установки, времени испытаний, момента трения и температуры.

Испытания проводились на образцах 10x10x8мм из УУКМ, в паре трения со сталью 40X13 [3]. Площадь контакта составляла 300мм<sup>2</sup>, средний диаметр расположения образцов – 66 мм, линейная скорость – 0,05; 0,16; 0,25м/с, осевая нагрузка: 0,3...1,0МПа, температура испытаний 300°С и 700°С. В результате испытаний была установлена зависимость коэффициента трения при нагрузке 0,3...1,0 МПа и температуре 300°С и 700°С для испытуемых образцов материала «Арголон-2D». Результаты испытаний приведены на рис.1 и 2.

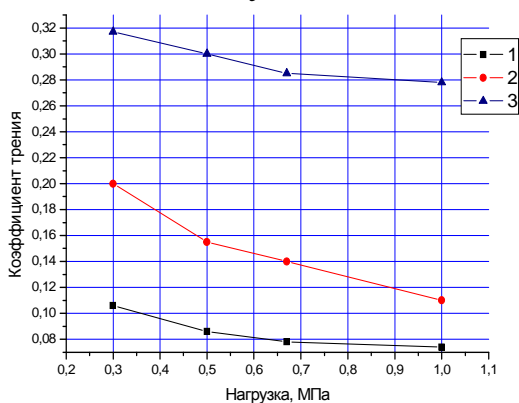


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от нагрузки при температуре 300°С и скорости, м/с: 1-0,05; 2-0,16; 3-0,25

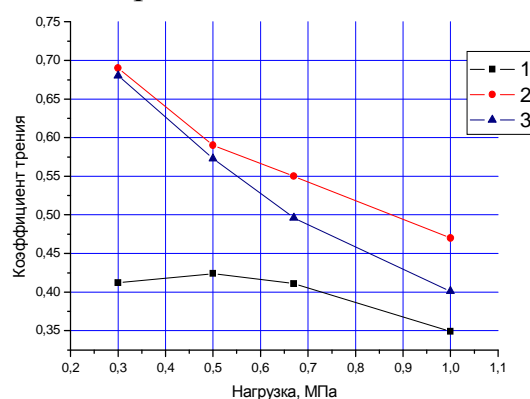


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения от нагрузки при температуре 700°С и скорости, м/с: 1-0,05; 2-0,16; 3-0,25

При температуре 300°С и диапазоне нагрузок 0,3...1,0МПа коэффициент трения с увеличением скорости испытаний растет. При нагрузке 1,0МПа и

температуре 300°С коэффициент трения при скорости 0,05м/с меньше коэффициента трения, чем при скорости 0,16 и 0,25м/с в 1,4 и 3,7 раза, соответственно. При температуре 700°С и нагрузке 1,0МПа коэффициент трения при скорости 0,05м/с меньше коэффициента трения, чем при скорости 0,16 и 0,25м/с в 1,3 и 1,1 раза, соответственно.

### **Выводы**

Проведенные исследования показали, что при температуре 700°С и нагрузке 1,0МПа коэффициент трения при скорости 0,05м/с меньше коэффициента трения, чем при скорости 0,16 и 0,25м/с в 1,3 и 1,1 раза, соответственно.

### **Список литературы**

1. Алисин В.В., Рошин М.Н., Лукьянов А.И. и др. Разработка и исследование узлов трения, работающих при высоких температурах, применительно к космическим аппаратам // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2019. № 1. С. 61-65.
2. Новые материалы. Колл. авторов. Под научной редакцией Ю.С. Карабасова. – М: МИСИС, 2002 – 736 с.
3. Алисин В.В., Юдкин В.Ф. Исследование физико-механических свойств наномодифицированного углерод-углеродного композита фрикционного назначения термар // Деформирование и разрушение композиционных материалов и конструкций: Труды Третьей международной конференции. 2018. С. 7-9.

### Сведения об авторе:

*Рошин Михаил Николаевич* – к.т.н., ведущий научный сотрудник, ИМАШ РАН, г.Москва.