

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Научно-исследовательский центр
«МашиноСтроение»**



Сибирский государственный индустриальный университет
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Новокузнецкий филиал-институт
Кемеровского государственного университета
Кыргызский государственный технический университет
им. И. Раззакова
Кузбасский научный центр Сибирского отделения
Международной Академии Наук Высшей школы
Институт промышленного проектирования угольных предприятий

ISSN 2307-342X

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ МАШИН:

**Материалы VII Международной
научно-практической конференции**

№7

Новокузнецк, 2019

УДК 621.01 : 531.8
ББК 34.41
С56

С56 Современные проблемы теории машин: Материалы VII международной научно-практической конференции. – Новокузнецк: НИЦ МС, 2019. – №7. – 114 с.

Представлены Материалы VII международной научно-практической конференции «Современные проблемы теории машин». Научно-практическая конференция посвящена обмену опытом и новыми научными достижениями в области исследования и проектирования машин и механизмов различного назначения. Направления работы конференции: 1) Фундаментальные исследования в области машиностроения; 2) Наука и образование в области машиностроения; 3) Теория механизмов и машин; 4) Современная методология проектирования машин и механизмов; 5) Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры; 6) Механика деформируемого твердого тела; 7) Инновационные техника и технологии в машиностроении.

Материалы могут быть полезными для научных и инженерно-технических работников, докторантов, аспирантов и студентов машиностроительного профиля.

Учредитель: *Жукова Елена Валерьевна.*

Главный редактор: *Жуков И.А.* – директор НИЦ «МашиноСтроение», заведующий кафедрой механики и машиностроения СибГИУ, д.т.н., доцент.

Редакционная коллегия:

Дворников Л.Т. – профессор кафедры механики и машиностроения СибГИУ, д.т.н., профессор; *Степанов А.В.* – профессор кафедры информатики и вычислительной техники НФИ КемГУ, д.т.н., доцент; *Пашков Е.Н.* – заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики ТПУ, к.т.н., доцент; *Попугаев М.Г.* – доцент кафедры механики и машиностроения СибГИУ, к.т.н.; *Садиева А.Э.* – заведующая кафедрой пищевой инженерии КГТУ (Кыргызстан), д.т.н., профессор; *Шапошников И.-И.Д.* – к.т.н. (Германия); *Губанов Е.Ф.* – к.т.н., гл. специалист технологического отдела Промуглепроект.

Полные тексты статей доступны на сайте <http://elibrary.ru>.

Журнал «Современные проблемы теории машин» включен в следующие наукометрические базы цитирования: Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), Ulrich's International Periodicals Directory, Index Copernicus.

ISSN 2307-342X

© Авторы, 2019
© НИЦ МС, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Фундаментальные исследования в области машиностроения

- Шитов А.М., Кондратьев И.М.** Диагностика технологического процесса изготовления шпиндельных узлов станков 5
- Рощин М.Н., Кривошеев А.Ю.** Исследование изменения коэффициента трения углеродосодержащих материалов при высоких температурах..... 10

Наука и образование в области машиностроения

- Афанасьева И.Б., Видинеева Н.Ю., Гусева Т.А., Швецова В.В.** Применение модели смешанного обучения дисциплинам геометрического цикла..... 13
- Шадрин А.А., Гурба А.С., Семенкина Э.Ю.** Система машин для переработки низкокачественной и тонкомерной древесины в условиях лесозаготовительных предприятий 15

Теория механизмов и машин

- Дворников Л.Т., Мажарин А.В., Худжаев У.О.** Кинематический анализ кривошипно-ползунного механизма пресса..... 19
- Дворников Л.Т., Булаков Е.С.** Кинематическое исследование плоского кулачкового механизма с тремя высшими кинематическими парами 22
- Зиялиев К.Ж., Чинбаев О.К., Такырбашев А.Б., Дюшембаев Ж.Ж.** Аналитическая геометрия в исследовании четырехзвенных рычажных механизмов..... 27
- Шевченко С.В., Муховатый А.А., Кроль О.С.** Разбивка передаточного числа червячно-конического редуктора по ступеням 32
- Зиялиев К.Ж., Чинбаев О.К., Такырбашев А.Б., Дюшембаев Ж.Ж.** Шестизвенный ударный механизм с круговыми звеньями 38
- Авдонин К.А., Захаров О.В.** Геометрический метод решения обратной кинематической задачи манипулятора с шестью степенями свободы 42
- Дворников Л.Т., Пушкарев В.Ю., Колпаков В.О.** Возможные варианты кинематического исследования плоского шестизвенного механизма с четырехзвенной группой Ассура 45
- Ахтямов А.В.** Применение методов теоретической механики для расчета механизма прессования..... 49

Современная методология проектирования машин и механизмов

- Ахмеров Р.Р., Горшкова Е.Е.** Совершенствование методики расчета конической передачи..... 53
- Валеев С.И., Савчук В.А.** Технология очистки сточных вод систем оборотного водоснабжения 55

Ахмеров Р.Р., Горшкова Е.Е. Совершенствование методики расчета планетарной передачи.....	58
Бондаренко И.Р. Имитационное моделирование для исследования влияния коэффициента трения на величину силы резания при фрезеровании	60
Ахмеров Р.Р., Горшкова Е.Е. Совершенствование методики расчета цилиндрической передачи	62
Бондаренко И.Р. Экспериментальное исследование мощности потребляемой в ходе обработки внутренней поверхности труб инерционным инструментом.....	64

Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

Нейман Л.А., Нейман В.Ю. Реализация динамической модели трехмассовой «СЭМУД» на основе обобщенной модели	68
---	----

Механика деформируемого твердого тела

Гараников В.В. Исследование микроползучести конструкционных материалов при пониженной температуре	74
--	----

Инновационные техника и технологии в машиностроении

Керимов Р.И., Байрамов А.Т. Улучшение качества сортовых заготовок путем применения электромагнитного перемешивания металла	78
Федотов Д.И., Гимадеев М.Р. Исследование влияния стратегии обработки на шероховатости поверхности при фрезеровании сфероцилиндрическим инструментом.....	82
Сугак Е.В. Оптимизация системы технического обслуживания потенциально опасных механизмов и машин	86
Сурков О.С., Якуняшин К.В. Аппроксимация траекторий движение инструмента при многоосевой фрезерной обработке.....	92
Батинов И.В., Громов А.Н. Устройство для гидромеханического дорнования особо длинномерных глубоких качественных отверстий малого диаметра....	95
Савельев К.Э., Якуняшин К.В. Влияние способа аппроксимации траектории движения инструмента на распределение сил резания при фрезеровании.....	99
Зорина М.М., Николаев В.В., Зорин Е.А. Совершенствование конструкции протяжек фасонного профиля	102
Мухамадеев В.Р., Мухамадеев И.Р., Балышева Э.Г., Киселева М.А. Влияние композиционных покрытий на износ твердосплавного режущего инструмента.....	105
Сугак Е.В. Техничко-экономическое обоснование системы технического обслуживания потенциально опасных механизмов и машин	109

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ УГЛЕРОДОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Рощин М.Н.¹, Кривошеев А.Ю.²

¹*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, г.Москва;*

²*ООО «ГАЗ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКТ», г.Таганрог*

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

Аннотация. Работа посвящена высокотемпературным лабораторным трибологическим испытаниям углеродосодержащих материалов. Установлено, что при нагрузке 1,0 МПа и температуре 700°C коэффициент трения для образцов из материала «Хардкарб» меньше на 18%, чем у материала «Арголон-2D», а при нагрузке 0,5 МПа и температуре 700°C коэффициент трения для образцов из материала «Хардкарб» меньше на 21%, чем у материала «Арголон-2D».

Развитие современной техники приводит к необходимости создания узлов трения, способных работать в экстремальных условиях. Например, в условиях высоких температур. При повышенных температурах задиростойкость материалов уменьшается потому, что с ростом температуры снижаются характеристики прочности материалов, а силы адгезионного взаимодействия, относятся к дисперсионным силам, т.е. имеют электрическую природу, и на них влияние температуры практически нет. 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, осложняется созданием специального оборудования и методики проведения эксперимента.

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/м³); 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 изменение коэффициента трения углеродосодержащих материалов при трении по стали 40Х13 при удельной нагрузке 0,5 и 1,0 МПа и диапазоне температур (20...800°C).

Для решения поставленной задачи было рассмотрено два вида УУКМ:

- объемно-армированный углерод-углеродный композиционный материал марки «Арголон-2D» [3];

- материал углеродный 2D армированный "Хардкарб", изготовленный из углеродной технической ткани типа Т-0,5П-22Н (вискоза) [4].

Испытаниям были подвергнуты 2 вида образцов: материал «Арголон-2D» и «Хардкарб». 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°C в условиях удельных нагрузок 0,12...1,0МПа. В процессе испытаний осуществлялся контроль нагрузки на испытываемые образцы, скорость вращения шпинделя установки, время испытаний, момент трения и температура.

Испытания проводились на образцах 10x10x8мм из УУКМ, в паре трения со сталью 40Х13 [5]. Площадь контакта составляла 300мм², средний диаметр расположения образцов – 66 мм, линейная скорость – 0,16 м/с, осевая нагрузка: 0,5 и 1,0МПа.

В результате испытаний была установлена зависимость коэффициента трения при нагрузке 0,5 и 1,0 МПа и температуре от 20°C до 800°C для испытываемых образцов материалов: «Арголон-2D» и «Хардкарб». Результаты испытаний приведены на рисунке 1.

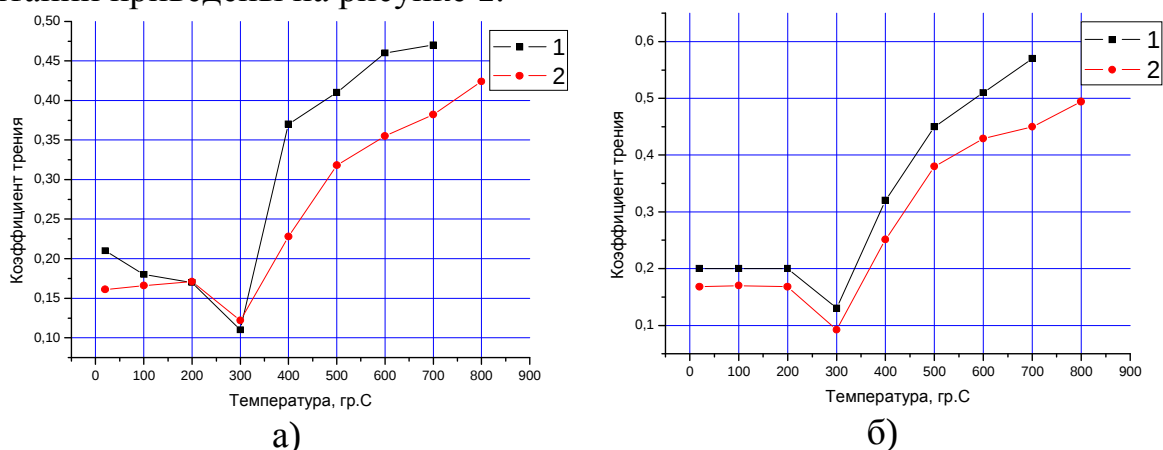


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от температуры материалов: 1 – УУКМ «Арголон-2D», 2 – УУКМ «Хардкарб» при нагрузке: а) 1,0МПа; б) 0,5МПа

Испытание материалов «Арголон-2D» и «Хардкарб» при трении по стали 40Х13 в режимах температур от 20°C до 300°C имеет близкие значения коэффициента трения при нагрузке 0,5 и 1,0МПа. При температуре выше 300°C коэффициент трения обоих материалов растет при нагрузке 0,5 и 1,0МПа. При нагрузке 1,0МПа и температуре 700°C коэффициент трения для образцов из материала «Хардкарб» меньше на 18%, чем у материала «Арголон-2D». При нагрузке 0,5МПа и температуре 700°C коэффициент трения для образцов из материала «Хардкарб» меньше на 21%, чем у материала «Арголон-2D».

Выводы

Проведенные исследования показали, что при нагрузке 1,0МПа и температуре 700°C коэффициент трения для образцов из материала «Хардкарб» меньше на 18%, чем у материала «Арголон-2D», а при нагрузке 0,5МПа и

температуре 700°C коэффициент трения для образцов из материала «Хардкарб» меньше на 21%, чем у материала «Арголон-2D».

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. Roshchin M.N. Modification of surface friction cccm pairs of tin selenide for high temperatures // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2019. – Issue 14, Volume 1. – P .35-38.
4. Материал углеродный 2D-3D армированный «ХАРДКАРБ». Технические условия ТУ28.99.39-002-49798825-2018.
5. 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 авторах:

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

Кривошеев Андрей Юрьевич – директор ООО "ГАЗ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКТ", г.Таганрог.

TO STUDY THE CHANGES OF THE FRICTION COEFFICIENT OF CARBONACEOUS MATERIALS AT HIGH TEMPERATURES

Roshchin M.N., Krivosheev A.Yu.

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

Abstract. The work is devoted to high-temperature laboratory tribological tests of carbonaceous materials. Found that at a load of 1.0 MPa and a temperature of 700°C coefficient of friction for samples made of material "Hardcarb" less by 18% than the material "Angolan-2D", and at a load of 0.5 MPa and a temperature of 700°C coefficient of friction for samples made of material "Hardcarb" less by 21% than the material "Angolan-2D".

Научное периодическое издание

Современные проблемы теории машин:

**Материалы VII международной
научно-практической конференции**

№7

Верстка и корректура: Жуков И.А.

Подписано в печать 07.06.17г.

Формат бумаги 60х84 1/16. Бумага офисная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 6,63. Тираж 300 экз. Заказ №19-12.

Учредитель: Жукова Елена Валерьевна (ИП Жукова Е.В.,
ИНН 422802805198, ОГРНИП 318420500009778, г.Новокузнецк).

Главный редактор: Жуков Иван Алексеевич.

Редакция, издатель: Научно-исследовательский центр «МашиноСтроение»,
654044, г. Новокузнецк, пр. Архитекторов, д. 27, оф. 57.

<http://srcms.ru>

E-mail: info@srcms.ru