

## Определение влияния антифрикционных компонентов на трибологические свойства резьбовых покрытий

© 2020

*Чурикова Татьяна Николаевна*<sup>\*1,3</sup>, ведущий инженер сектора химико-технологических исследований

*Самкова Нина Петровна*<sup>1,4</sup>, начальник сектора химико-технологических исследований

*Саврай Роман Анатольевич*<sup>2,5</sup>, кандидат технических наук, заведующий лабораторией конструкционного материаловедения

<sup>1</sup>ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности», Челябинск (Россия)

<sup>2</sup>Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург (Россия)

\*E-mail: [churikova@rosnit.ru](mailto:churikova@rosnit.ru)

<sup>3</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4395-9786>

<sup>4</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0694-2707>

<sup>5</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9873-3621>

**Аннотация:** В рамках разработки материала, образующего на резьбовой поверхности труб и муфт многофункциональное покрытие, установлены требования, предъявляемые к покрытию. Одним из основных требований является возможность проведения многократного свинчивания резьбового соединения без повреждения резьбы. Необходимость получения высокого уровня антифрикционных свойств покрытия обусловила проведение исследований влияния антифрикционных добавок различной природы действия на трибологические свойства покрытия: уменьшение коэффициента трения сопряженных поверхностей и обеспечение стойкости покрытия к истиранию. Для определения влияния антифрикционных добавок различной природы действия на функциональные свойства покрытия проведены сравнительные лабораторные испытания резьбовых покрытий, содержащих различные антифрикционные добавки, в условиях трения скольжения при возвратно-поступательном перемещении по схеме «неподвижная пластина – палец». В качестве антифрикционных компонентов использованы графит, дисульфид молибдена и политетрафторэтилен (ПТФЭ), которые имеют различные антифрикционные свойства. Испытания проведены также для покрытий, содержащих комплекс добавок: графит – ПТФЭ, дисульфид молибдена – ПТФЭ. Трибологические свойства получаемых покрытий оценивали по величине коэффициента трения и стойкости покрытия к истиранию. Для выбора оптимальных концентраций антифрикционных компонентов проведены испытания материалов, содержащих комплекс добавок с различной концентрацией графита и дисульфида молибдена. В целях подтверждения результатов лабораторных испытаний проведены натурные испытания в заводских условиях при нанесении выбранных покрытий на резьбовую поверхность муфты и трубы. В результате проведенных исследований установлено положительное влияние комплексного использования антифрикционных компонентов. Определены системы антифрикционных компонентов (графит – ПТФЭ и дисульфид молибдена – ПТФЭ) и их оптимальные концентрации (графита и дисульфида молибдена – 8 масс. %, ПТФЭ – 6 масс. %) в материале резьбового покрытия. Результаты лабораторных исследований подтверждены натурными испытаниями в заводских условиях.

**Ключевые слова:** резьбовое смазочное покрытие; трибологические свойства; антифрикционные компоненты; коэффициент трения; стойкость к истиранию.

**Для цитирования:** Чурикова Т.Н., Самкова Н.П., Саврай Р.А. Определение влияния антифрикционных компонентов на трибологические свойства резьбовых покрытий // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2020. № 3. С. 46–52. DOI: 10.18323/2073-5073-2020-3-46-52.

### ВВЕДЕНИЕ

Для защиты металлической поверхности от механических повреждений в качестве альтернативы резьбовым консистентным смазкам при сборке колонны труб используют твердые смазочные покрытия. Покрытия обладают комплексом функциональных свойств (антифрикционных, антикоррозионных, адгезионных) и предназначены для использования в технологии «чистого свинчивания» резьбовых соединений [1; 2].

В патентах различных компаний представлены однослойные покрытия, которые обеспечивают только антифрикционные свойства. В этом случае возникает риск коррозионных повреждений резьбового соединения при транспортировании и хранении трубной продукции [3; 4].

В ряде патентов рассматриваются многослойные покрытия, каждый слой которых обеспечивает одно из требуемых свойств [5–7]. В таком варианте нанесение нескольких слоев увеличивает общую толщину покрытия и является риском неполного смыкания резьбового соединения. Кроме того, процесс получения многослойных покрытий технологически сложен. Наиболее часто упоминаются покрытия, разработчиками которых являются различные иностранные компании. Создание покрытия с аналогичными свойствами актуально для настоящего времени.

Наиболее важными свойствами резьбового покрытия являются его стойкость к повреждениям и возможность многократной сборки резьбового соединения. Низкий коэффициент трения резьбового покрытия

обеспечивает легкость свинчивания и уменьшение значений моментов свинчивания. Устойчивость покрытия к истиранию защищает резьбу от повреждений. Эти свойства покрытия обеспечивают антифрикционные компоненты. В качестве антифрикционных компонентов используются различные соединения, обладающие способностью уменьшения коэффициента трения при силовом свинчивании резьбового соединения.

По своим свойствам антифрикционные твердые соединения подразделяют на несколько классов:

– твердые вещества с кристаллической структурой, которые обладают способностью к расслоению под действием усилий сдвига между кристаллическими плоскостями (графит, оксид цинка, нитрид бора);

– твердые вещества с кристаллической структурой и входящими в состав химическими элементами, способными взаимодействовать с металлической поверхностью (дисульфид молибдена, сульфид олова, сульфид висмута, фторид кальция);

– твердые вещества, обладающие пластичным или вязкопластичным поведением под действием напряжения трения или усилия сдвига (политетрафторэтилен, полиамиды, полиэтилен) [8; 9].

Наиболее часто используют в качестве антифрикционных компонентов графит, дисульфид молибдена и политетрафторэтилен [10–12].

Применение антифрикционных компонентов в составе резьбового покрытия не всегда приводит к улучшению качества резьбового покрытия, поэтому необходимо проведение дополнительных исследований влияния антифрикционных компонентов на свойства покрытия.

Для определения трибологических свойств покрытий используют установки с различными схемами контакта трущихся частей: «неподвижный диск – твердый палец», «вращающийся диск – твердый палец», «неподвижная колодка – вращающийся диск». Перемещение трущихся деталей может происходить при поступательном и возвратно-поступательном движении. Выбор метода испытаний определяется эксплуатационными характеристиками [13–15].

Для проведения исследований резьбовых покрытий выбрана методика, наиболее приближенная к реальным условиям (резьбовое соединение труба – муфта):

«неподвижная пластина – палец» при возвратно-поступательном перемещении.

Цель работы – изучение трибологических свойств покрытий с антифрикционными компонентами различного состава; определение оптимального состава и концентрации специальных добавок для обеспечения необходимых антифрикционных свойств покрытия.

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ, ОБРАЗЦЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве резьбовых покрытий использованы акрил-уретановые системы, содержащие антифрикционные добавки различной природы действия: индивидуально (графит, дисульфид молибдена и политетрафторэтилен – ПТФЭ), а также системы добавок разного действия при различном соотношении компонентов.

Исследования в условиях трения скольжения проведены на трибологической установке по схеме «палец – пластина» при возвратно-поступательном движении пальца призматической формы по неподвижно закрепленной пластине с покрытием (образец) при комнатной температуре на воздухе, что имитирует процесс свинчивания в реальных условиях (рис. 1). Палец и пластина изготовлены из стали Ст3, размеры пальца – 7×7×20 мм, размеры пластины – 60×40×10 мм. На поверхность пластин нанесены резьбовые покрытия в соответствии с технологией нанесения исследуемого материала.

Испытания проведены при нормальной нагрузке  $P=588,6$  Н (60 кг·с) и средней скорости скольжения  $V=0,072$  м/с (рис. 1). Длина рабочего хода составляет 40 мм, продолжительность испытаний – 500 двойных проходов. Общий путь трения в каждом испытании составил 40 м. При площади контактирующей поверхности  $7 \times 7 \text{ мм} = 49 \text{ мм}^2$  удельная нагрузка составила 12 МПа.

В процессе испытаний шла непрерывная регистрация силы трения  $F$ . Коэффициент трения ( $f$ ) рассчитывали по формуле

$$f = \frac{F}{P},$$

где  $F$  – сила трения;

$P$  – нормальная нагрузка.

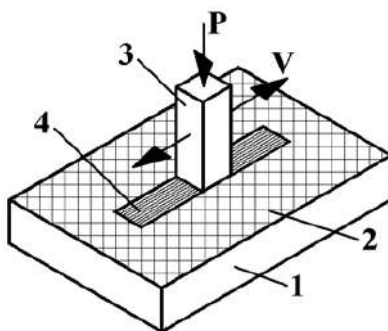


Рис. 1. Схема трибологических испытаний материалов на трение скольжения:

1 – пластина; 2 – покрытие; 3 – палец; 4 – дорожка износа

Fig. 1. The scheme of tribological sliding friction tests of materials:

1 – plate; 2 – coating; 3 – finger; 4 – wear track

Для каждого состава покрытия коэффициент трения определен как среднее арифметическое по результатам трех испытаний.

Стойкость покрытия к истиранию оценивали по уменьшению толщины (линейное истирание) и массы (массовое истирание) покрытия в процессе испытаний.

Степень линейного истирания ( $I_d$ , мкм/дв. ход) рассчитывали по формуле

$$I_d = \frac{d_n - d_k}{N},$$

где  $d_n$  – исходная толщина покрытия, мкм;  
 $d_k$  – толщина покрытия после испытания, мкм;  
 $N$  – количество двойных проходов.

Степень массового истирания ( $I_m$ , мг/дв. ход) рассчитывали по формуле

$$I_m = \frac{m_n - m_k}{N},$$

где  $m_n$  – исходная масса образца, г;  
 $m_k$  – масса образца после испытания, г;  
 $N$  – количество двойных проходов.

Определение массы образцов до и после испытаний проводили на электронных весах OHAUS PA214C. Толщину покрытия до и после испытаний определяли толщиномером Elcometer 456.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных исследований получены значения показателя истирания покрытия как величины уменьшения массы и толщины покрытия за один двойной проход (рис. 2). Для всех покрытий определены коэффициенты трения (рис. 3).

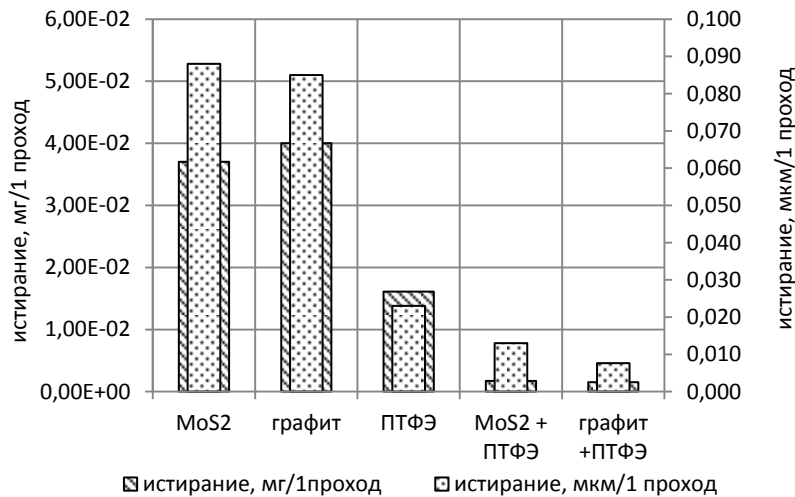


Рис. 2. Сравнение показателей стойкости к истиранию  
 Fig. 2. The comparison of the abrasion resistance indicators

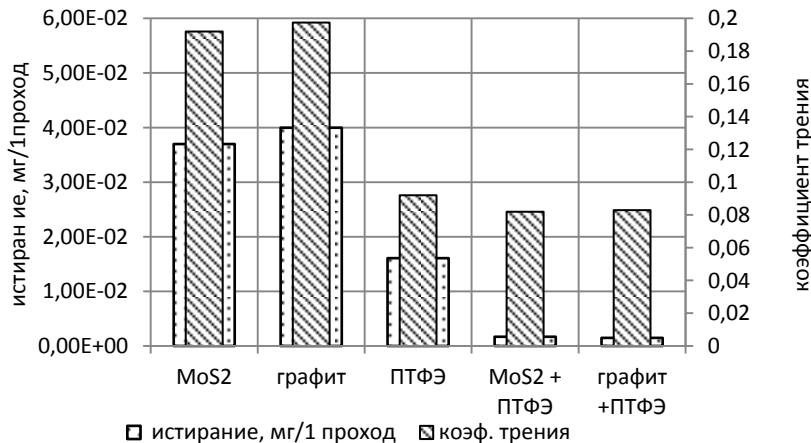


Рис. 3. Свойства покрытий с различными антифрикционными добавками  
 Fig. 3. The properties of coatings with different anti-friction additives

В процессе исследований установлено различие трибологических свойств покрытий (коэффициент трения и показатели истирания) в зависимости от природы антифрикционных добавок.

Действие антифрикционных свойств компонентов, таких как графит и дисульфид молибдена, определяется слоистой кристаллической решеткой. При направленном движении и нагрузке наблюдается расслоение и сдвиг слоев композита, а также формирование вторичной поверхностной структуры [16; 17].

Действие антифрикционных свойств полимеров, например ПТФЭ, определяется вязкопластичными свойствами компонента и способностью к ориентации частиц под действием деформации сдвига [18].

При сравнении показателей истирания покрытия (линейное и массовое) следует учитывать, что процесс истирания при возвратно-поступательном перемещении происходит неравномерно, толщина слоя по траектории перемещения имеет различные значения. Неравномерность толщины слоя может быть связана со способностью графита и дисульфид молибдена образовывать вторичный слой с более плотной структурой при перемещении движущегося элемента под нагрузкой [9; 19]. Следовательно, более достоверным является показатель массового истирания.

Установлено положительное влияние комплексного использования антифрикционных компонентов (рис. 2, рис. 3). Покрытия, в составе которых присутствуют два вида антифрикционных добавок, обладают меньшими коэффициентами трения и значительной стойкостью к истиранию. Можно предположить, что, обладая различной структурой, антифрикционные компоненты достаточно хорошо самоорганизуются в покрытия, обеспе-

чивая хорошую адгезию и низкий коэффициент трения [18–20].

Для определения оптимальной концентрации антифрикционной добавки проведены испытания покрытий с различной концентрацией графита и дисульфид молибдена. Во всех составах массовая концентрация ПТФЭ составляла 6 %. При увеличении концентрации фторопласта покрытие склонно к растрескиванию, меньшее значение концентрации фторопласта не обеспечивает необходимые трибологические свойства покрытия. Результаты испытаний представлены на рис. 4, рис. 5.

По результатам испытаний установлено, что оптимальные трибологические свойства покрытий обеспечивают смеси антифрикционных добавок (графит + ПТФЭ и дисульфид молибдена + ПТФЭ) с массовой концентрацией для графита и для дисульфид молибдена 8 %.

Для проведения испытаний в заводских условиях были выбраны покрытия, показавшие лучшие результаты при лабораторных испытаниях в различных сочетаниях. Резьбовые покрытия наносили на резьбовую поверхность муфты и ниппеля. Испытания проводили на станке для сборки резьбового соединения, состояние резьбы после каждого цикла свинчивания-развинчивания оценивали визуально, цикл свинчивания-развинчивания считали успешным при отсутствии повреждений резьбы. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Испытания в заводских условиях подтвердили достоверность применения описанной методики для сравнительных испытаний в лабораторных условиях. Установлено сочетание покрытий, обеспечивающее возможность трехкратной сборки резьбового соединения без повреждения резьбовой поверхности.

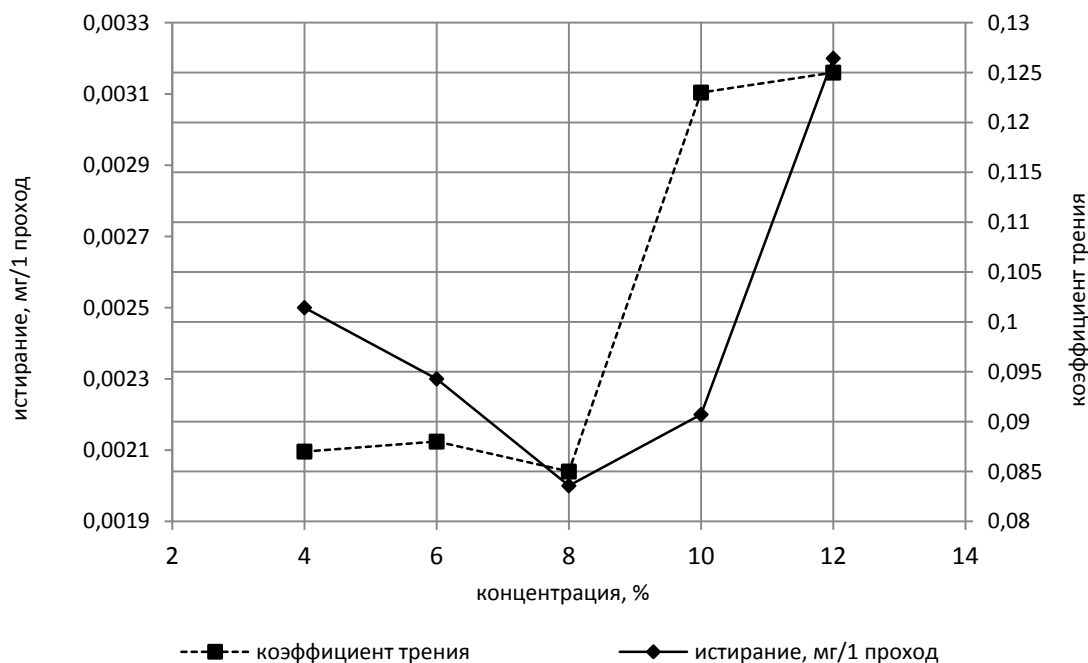


Рис. 4. Зависимость коэффициента трения и удельного износа покрытия от концентрации графита  
 Fig. 4. The dependence of friction coefficient and specific wear of a coating on graphite concentration

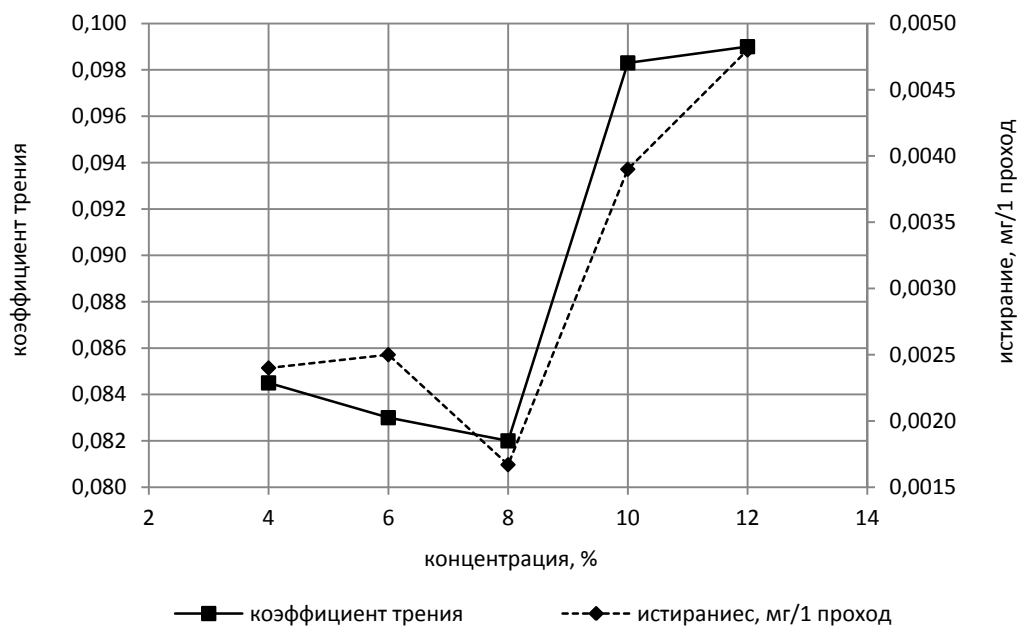


Рис. 5. Зависимость коэффициента трения и удельного износа покрытия от концентрации дисульфида молибдена  
 Fig. 5. The dependence of friction coefficient and specific wear of a coating on molybdenum disulfide concentration

Таблица 1. Результаты испытаний резьбовых соединений  
 Table 1. Test results of threaded connections

Наименование покрытия на резьбе трубы	Наименование покрытия на резьбе муфты	Количество циклов свинчивания без повреждения резьбы	Описание внешнего вида резьбы
Графит + ПТФЭ	Графит + ПТФЭ	3	Отсутствие задиrow и повреждений на резьбе трубы и муфты
MoS <sub>2</sub> + ПТФЭ	MoS <sub>2</sub> + ПТФЭ	2	Задиры на резьбе муфты и трубы
MoS <sub>2</sub> + ПТФЭ	Графит + ПТФЭ	2	Единичный задиrow на резьбе трубы
Графит + ПТФЭ	MoS <sub>2</sub> + ПТФЭ	3	Отсутствие задиrow и повреждений на резьбе трубы и муфты

### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведены сравнительные трибологические испытания в условиях трения скольжения по схеме «палец – пластина» при возвратно-поступательной траектории перемещения трущихся элементов под действием нормальной нагрузки.

Исследовано влияние антифрикционных добавок в составе полимерных материалов на трибологические свойства покрытий. Установлен положительный эффект применения смеси антифрикционных компонентов различной природы действия.

Определена концентрация антифрикционных добавок (при совместном присутствии) в составе материалов с получением минимального коэффициента трения при незначительном истирании покрытия.

В результате проведения натурных испытаний в заводских условиях получены результаты, согласующиеся с лабораторными исследованиями; подтверждена возможность применения трибологической установки по схеме «палец – пластина» для сравнительных испытаний свойств антифрикционных материалов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Москвитин Г.В., Биргер Е.М., Поляков А.Н., Полякова Г.Н. Современные упрочняющие покрытия критических деталей механизмов и инструмента // Металлообработка. 2015. № 2. С. 22–27.
2. Емельянов А.В., Токарев А.В. Новое решение проблемы герметичности резьбовых соединений обсадных колонн с использованием «Технологии чистого свинчивания» // Бурение и нефть. 2012. № 2. С. 46–48.

3. Рибальта Хесус Касар, Делльерба Диего Николас, Каркагно Габриэль Эдуардо. Трубные соединения с улучшенной герметичностью, смазыванием и коррозионной стойкостью : патент ЕАПО № 201370020; заяв. от 20.07.2011; опубл. 29.09.2017.
4. Рибальта Хесус Касар, Делльерба Диего Николас, Каркагно Габриэль Эдуардо. Трубные соединения с улучшенной герметичностью, смазыванием и коррозионной стойкостью : патент ЕАПО № 201790346; заяв. от 20.07.2011; опубл. 30.06.2017.
5. Гард Э., Пинель Э., Пети М., Гуидер М. Устойчивый к образованию задиров резьбовый трубный компонент и способ нанесения покрытия на указанный компонент : патент ЕАПО № 020833; заяв. от 10.12.2010; опубл. 27.02.2015.
6. Питман Манкольм. Уплотнение соединительного устройства : патент ЕАПО № 201171057; заяв. от 12.02.2010; опубл. 30.03.2012.
7. Пинель Элит, Гард Эрик, Баудин Николая. Смазочный состав с адаптивным коэффициентом трения для резьбового элемента составной части трубных резьбовых соединений : патент ЕАПО № 017185; заяв. от 04.04.2008; опубл. 30.10.2012.
8. Брейтуэйт Е.Р. Твердые смазочные материалы и антифрикционные покрытия. М.: Химия, 1967. 320 с.
9. Кутков А.А. Износостойкие антифрикционные покрытия. М.: Машиностроение, 1976. 151 с.
10. Сафина Г.Ф., Нонишнева Н.П., Дыскина Б.Ш. Исследование пористой структуры графита для сцилирования // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Химия. 2018. Т. 10. № 4. С. 5–11.
11. Иванов В.В., Марченко Ю.В. Перспективы применения дисульфида молибдена для формирования вибрационных механохимических твердосмазочных покрытий // Вестник Донского государственного технического университета. 2010. Т. 10. № 3. С. 381–385.
12. Маркова М.А., Готовцева М.Е. Исследование композитов на основе ПТФЭ и углеродных наполнителей // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 3. № 1. С. 87–93.
13. Васильев А.П., Охлопкова А.А., Стручкова Т.С., Алексеев А.Г., Иванова З.С. Разработка антифрикционных материалов на основе политетрафторэтилена с углеродными волокнами // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2017. № 3. С. 39–47.
14. Павлов А.В., Меркулова Ю.И., Зеленская А.Д., Железняк В.Г. Износостойкость лакокрасочных покрытий (обзор литературы) // Лакокрасочные материалы и их применение. 2018. № 1-2. С. 40–43.
15. Васин В.А., Прожега М.В., Сомов О.В. Исследование трибологических свойств пиролитических карбидохромовых покрытий // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2014. № 2. С. 50–54.
16. Шевчуков А.П., Сенатов Ф.С., Чердынцев В.В. Исследование трибологических свойств композиционных покрытий на основе полисульфона // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5. С. 125–130.
17. Заславский Ю.С. Трибология смазочных материалов. М.: Химия, 1991. 240 с.
18. Ипатов А.Г., Харанжевский Е.В., Стрелкин С.М., Шмыков С.Н. Исследование триботехнических свойств металлополимерных покрытий системы «Б83-МоS2-Ф4» // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 3. С. 14–20.
19. Данилова С.Н., Охлопкова А.А., Гаврильева А.А., Охлопкова Т.А., Борисова Р.В., Дьяконов А.А. Износостойкие полимерные композиционные материалы с улучшенным межфазным взаимодействием в системе полимер-волокно // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2016. № 5. С. 80–92.
20. Кузнецова В.А., Деев И.С. Железняк В.Г., Силаева А.А. Износостойкие лакокрасочные покрытия с квазикристаллическим наполнителем // Труды ВИАМ. 2018. № 3. С. 68–76.

#### REFERENCES

1. Moskvitin G.V., Birger E.M., Polyakov A.N., Polyakova G.N. Modern strengthening coatings critical parts of machines and tools. *Metalloobrabotka*, 2015, no. 2, pp. 22–27.
2. Emelyanov A.V., Tokarev A.V. New solution of hermetic problems of thread connections of casing columns with use of “clear screw-up know-how” (clear make-up technology or smt). *Burenie i neft*, 2012, no. 2, pp. 46–48.
3. Ribalta Khesus Kasar, Dellerba Diego Nikolas, Karkagno Gabriel Eduardo. *Trubnye soedineniya s ulushshennoy germetichnostyu, smazyvaniem i korrozionnoy stoykostyu* [Pipe joints with the improved leak tightness, lubrication and corrosion resistance]. Patent EAPO no. 201370020, 2017. (In Russian)
4. Ribalta Khesus Kasar, Dellerba Diego Nikolas, Karkagno Gabltel Eduardo. *Trubnye soedineniya s ulushshennoy germetichnostyu, smazyvaniem i korrozionnoy stoykostyu* [Pipe joints with the improved leak tightness, lubrication and corrosion resistance]. Patent EAPO no. 201790346, 2017. (In Russian)
5. Gard E., Pinel E., Peti M., Guider M. *Ustoychivyy k obrazovaniyu zadirov rezbovyi trubnyy komponent i sposob naneseniya pokrytiya na ukazannyi komponent* [Scoring-resistant threaded pipe component and the method of applying a coating to this component]. Patent EAPO no. 020833, 2015. (In Russian)
6. Pitman Mankolm. *Uplotnenie soedinitelnogo ustroystva* [Connecting device sealing]. Patent EAPO no. 201171057, 2012. (In Russian)
7. Pinel Elit, Gard Erik, Baudin Nikoloya. *Smazochnyy sostav s adaptivnym koefitsientom treniya dlya rezbovogo elementa sostavnoy chasti trubnykh rezbovykh soedineniy* [Lubricator with the adaptive friction coefficient for a threaded element of a component of pipe threaded connections]. Patent EAPO no. 017185, 2012. (In Russian)
8. Breytueyt E.R. *Tverdye smazochnye materialy i antifriktsionnye pokrytiya* [Solid lubricants. and anti-friction coatings]. Moscow, Khimiya Publ., 1967. 320 p.
9. Kutkov A.A. *Iznosostoykie antifriktsionnye pokrytiya* [Wear-resistant anti-friction coatings]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1976. 151 p.

10. Safina G.F., Nonishneva N.P., Dyskina B.Sh. Investigation of the porous graphite structure for silication. *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya*, 2018, vol. 10, no. 4, pp. 5–11.
11. Ivanov V.V., Marchenko Yu.V. Application prospects of molybdenum disulfide for forming vibratory mechano-chemical solid oil coverings. *Vestnik Don-skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2010, vol. 10, no. 3, pp. 381–385.
12. Markova M.A., Gotovtseva M.E. The study of composites based on PTFE and carbon fillers. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii*, 2017, vol. 3, no. 1, pp. 87–93.
13. Vasilev A.P., Okhlopko A.A., Struchkova T.S., Alekseev A.G., Ivanova Z.S. Development of antifriction materials based on polytetrafluoroethylene with carbon fibers. *Vestnik Severo-Vostochnogo federalnogo universiteta im. M.K. Ammosova*, 2017, no. 3, pp. 39–47.
14. Pavlov A.V., Merkulova Yu.I., Zelenskaya A.D., Zheleznyak V.G. Wear resistance of coatings. *Lakrasochnye materialy i ikh primeneniye*, 2018, no. 1-2, pp. 40–43.
15. Vasin V.A., Prozhega M.V., Somov O.V. The research of tribological properties of pyrolytic carbide-chromium coatings. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Poroshkova metallurgiya i funktsionalnye pokrytiya*, 2014, no. 2, pp. 50–54.
16. Shevchukov A.P., Senatov F.S., Cherdyntsev V.V. Study of tribological properties of protective composite coatings based on polysulfone. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2012, no. 5, pp. 125–130.
17. Zaslavskiy Yu.S. *Tribologiya smazochnykh materialov* [Tribology lubricants]. Moscow, Khimiya Publ., 1991. 240 p.
18. Ipatov A.G., Kharanzhevskiy E.V., Strelkin S.M., Shmykov S.N. Study of tribotechnical characteristics of metal-polymeric coatings of “B83-MoS<sub>2</sub>-F4” system. *Vestnik Izhevskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*, 2015, no. 3, pp. 14–20.
19. Danilova S.N., Okhlopko A.A., Gavrileva A.A., Okhlopko T.A., Borisova R.V., Dyakonov A.A. Wear resistant polymer composite materials with improved interfacial interaction in the system “polymer – fiber”. *Vestnik Severo-Vostochnogo federalnogo universiteta im. M.K. Ammosova*, 2016, no. 5, pp. 80–92.
20. Kuznetsova V.A., Deev I.S., Zheleznyak V.G., Silaeva A.A. Anti wear coating with quasicrystal filler. *Trudy VIAM*, 2018, no. 3, pp. 68–76.

## Determination of influence of anti-friction components on the tribological properties of thread coatings

© 2020

*Tatiana N. Churikova*<sup>\*1,3</sup>, leading engineer of Chemical and Engineering Research sector

*Nina P. Samkova*<sup>1,4</sup>, Head of Chemical and Engineering Research sector

*Roman A. Savray*<sup>2,5</sup>, PhD (Engineering), Head of Laboratory of Materials Science

<sup>1</sup>The Russian Research Institute of the Tube & Pipe Industries, Chelyabinsk (Russia)

<sup>2</sup>Institute of Engineering Science of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg (Russia)

\*E-mail: [churikova@rosnit.ru](mailto:churikova@rosnit.ru)

<sup>3</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4395-9786>

<sup>4</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0694-2707>

<sup>5</sup>ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9873-3621>

**Abstract:** Within the development of a material, which forms a multifunctional coating on the threaded surface of tubes and joints, the authors identified the requirements specified for a coating. One of the main requirements is the possibility to perform the repetitive screwing of threaded connections without thread damage. The necessity to obtain a high level of anti-friction properties of a coating aroused the study of the influence of anti-friction additives of various effect on the tribological properties of a coating: the decrease in the friction coefficient of conjugate surfaces and ensuring the abrasion resistance of a coating. To identify the influence of anti-friction additives of various effects on the functional properties of a coating, the authors carried out the comparative laboratory tests of thread coatings containing various anti-friction additives under the sliding friction at the reciprocation according to the “fixed plate – finger” scheme. As the anti-friction components, the authors used graphite, molybdenum disulfide, and polytetrafluoroethylene (PTFE), which have different anti-friction properties. The tests were carried out for the coatings containing the complex of additives as well: graphite – PTFE, molybdenum disulfide – PTFE. The authors evaluated the tribological properties of the resulting coatings according to their friction coefficient value and abrasion resistance. To select optimum concentrations of anti-friction components, the authors tested the materials containing the complex of additives with different concentrations of graphite and molybdenum disulfide. To confirm the results of laboratory tests, the authors carried out full-scale tests in the factory environment when applying the selected coating to the threaded surface of a tube and a joint. The research identified the positive effect of the multipurpose utilization of anti-friction components. The authors determined the systems of anti-friction components (graphite – PTFE and molybdenum disulfide – PTFE) and their optimum concentrations (graphite and molybdenum disulfide – 8 wt. %, PTFE – 6 wt. %) in the thread coating material. The full-scale tests in the factory environment confirmed the results of laboratory tests.

**Keywords:** thread lubricating coating; tribological properties; anti-friction components; friction coefficient; abrasion resistance.

**For citation:** Churikova T.N., Samkova N.P., Savray R.A. Determination of influence of anti-friction components on the tribological properties of thread coatings. *Vektor nauki Tolyattinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2020, no. 3, pp. 46–52. DOI: 10.18323/2073-5073-2020-3-46-52.