

УДК 621.89.099.6

В. В. Терентьев, В. Б. Лапшин, М. В. Якемсева, Н. В. Усольцева*, О. Б. Аكوпова**

**МОДИФИКАЦИЯ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ВВЕДЕНИЕМ УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА «ТАУНИТ-М»**

**UPDATING OF PLASTIC LUBRICANTS BY INTRODUCTION
OF CARBON MATERIAL «TAUNIT-M»**

Ивановская государственная сельскохозяйственная академия им. акад. Д. К. Беляева,
153012 Иваново, ул. Советская, д. 45. E-mail: vladim-terent@yandex.ru

*Ивановский государственный университет, НИИ наноматериалов
153025 Иваново, ул. Ермака, д. 39

Представлены результаты экспериментальных исследований трибологических свойств пластичных смазочных материалов при введении в них углеродных нанотрубок в малых концентрациях.

Ключевые слова: смазка, углеродные нанотрубки, графит, коэффициент трения, износ, ресурс.

The results of experimental studies of tribological properties of plastic lubricants at the introduction into them carbon nanotubes at low concentration are presented.

Key words: greasing, carbon nanotubes, graphite, coefficient of friction, wear, resource.

Введение

Проблема повышения надежности любого технического средства является острой и актуальной на протяжении многих лет. Другим актуальным вопросом в настоящее время является вопрос повышения энергосбережения. С особой актуальностью данные вопросы встают в сельскохозяйственном производстве. В сельском хозяйстве используется огромное количество разнообразных как по назначению, так и по конструктивному исполнению машин и агрегатов.

Долговечность любой машины в основном определяется ресурсом элементов пар трения. Повышенное трение между деталями приводит к повышению затрат энергии на технологический процесс, а соответственно, и к повышению себестоимости производимой продукции. Вследствие этого, снизив силу трения в трибосопряжениях, можно снизить энергозатраты на работу машин и агрегатов, а, снизив интенсивность изнашивания деталей пар трения, повысить ресурс машины.

Для снижения трения и изнашивания трущихся элементов машин в них применяют различные смазочные материалы, которые позволяют разделять поверхности трения и обеспечивать режимы гидродинамического смазывания, заменяя трение между твердыми поверхностями на трение между слоями смазки (которое на порядок ниже). Таким образом, основными функциями любого смазочного материала являются: уменьшение сил трения между контактирующими поверхностями, распределение давления и температуры между поверхностями, отвод тепла и продуктов износа из зоны трения, предотвращение коррозионного поражения поверхностных слоев элементов трения.

Эффективность смазочного материала в основном определяется смазочными свойствами последнего, т.е. способностью смазочного материала обеспечивать работоспособность трибосопряжений, снижая все виды износа (противоизносные характеристики) и силу трения (антифрикционные характеристики). При этом силу трения определяют по изменению коэффициента трения. В узлах трения автотракторной и сельскохозяйственной техники широко используются пластичные смазочные материалы (солидолы, литолы, фиолы, униолы и т. п.).

Однако недостаточно высокие противоизносные и антифрикционные характеристики серийных смазочных материалов не позволяют достичь должного уровня снижения затрат энергии на рабочий процесс и повышения ресурса трибоузла. Для улучшения триботехнических свойств как солидола, так и литола в них дополнительно вводят различные присадки.

Широкое применение в качестве материала, улучшающего триботехнические характеристики серийных смазок, находит графит (одна из разновидностей углерода). Вследствие особенностей своей структуры графит позволяет снизить силу трения между деталями и повысить противоизносные свойства смазок. Однако в основном в смазках используется графит грубого помола (например, графитная смазка ГОСТ 3333 – содержит до 10 % графита), который недостаточно эффективен.

В последние годы с развитием нанотехнологий стали появляться материалы (наноматериалы), обладающие повышенными техническими характеристиками. Применение наноматериалов в машиностроении позволяет по новому решать ряд многих эксплуатационных задач.

Одним из перспективных материалов для повышения триботехнических свойств в настоящее время можно считать углеродные нанотрубки (УНТ).

Известно, что ведение микродобавок многостенных УНТ позволяет улучшить антифрикционные характеристики индустриального масла с рядом присадок – холестерических ЖК (Х-7 и Х-20) [1]. Исследования, проведенные авторами [1], показали, что введение углеродного наноматериала позволяет также улучшить эксплуатационные характеристики кальциевых и литиевых смазочных материалов, а также устойчивость к истиранию полимеров [2].

Целью данной работы являлось изучение влияния на триботехнические характеристики кальциевых и литиевых смазочных материалов при введении нанотрубок – углеродного материала «ТАУНИТ-М» производства НаноТехЦентр, г. Тамбов.

Экспериментальная часть

Нанотрубки получены путем газового химического осаждения в процессе каталитического пиролиза углеводородов. Наши исследования показали, что при этом образуются твердые углеродные наномасштабные нитевидные образования преимущественно цилиндрической формы с внутренним каналом. Длина нанотрубок порядка 2 мкм с наружными диаметрами от 8 до 15 нм, внутренним диаметром от 4 до 8 нм, удельной поверхностью 300 м²/г и термостабильностью до 600 °С.

Многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ) вводились в серийные смазочные материалы (Литол-24, ТУ-0254-11604001396-05 и синтетический солидол – Солидол-С, ГОСТ 4366) в различном процентном соотношении. Опытные смазочные композиции готовили с помощью ультразвуковой ванны SONOREX SUPER (для лучшего диспергирования углеродных нанотрубок). Концентрация УНТ составляла от 0,0053 % до 0,053 % по массе (рис. 1, 2). Предварительно до процесса трения на микроскопе

марки ZEISS JENVAL с четырехсоткратным увеличением были получены микрофотографии испытуемых смазок без добавки УНТ и с их добавкой (рис. 1, 2).

Трение осуществлялось на машине трения 2070 СМТ-1. Схема трения – «вращающийся диск – неподвижный вкладыш». Скорость скольжения составляла 1 м/с. Нагрузка на образец повышалась ступенчато от 200 Н и до момента схватывания образцов. Пробег при каждой нагрузке имел значение 1 км. Износ замерялся методом искусственных баз. Температура контролировалась термопарой-ХК. Смазка наносилась на поверхность диска и вкладыша однократно перед каждым приложением нагрузки.

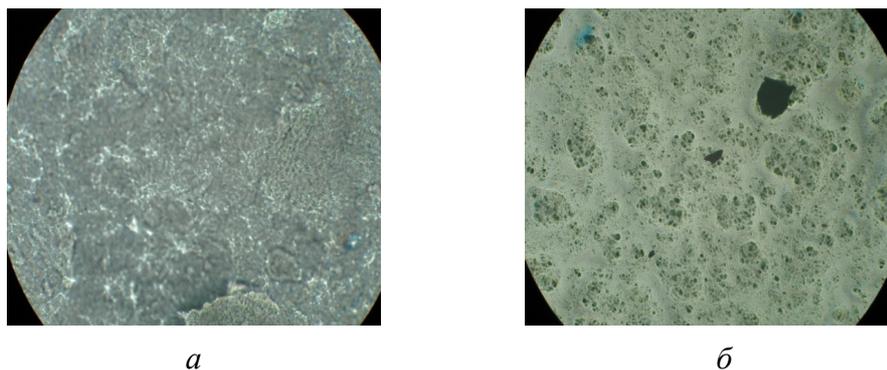


Рис. 1. Микрофотография литиевой смазки до трения (x400):
а – Литол-24 без добавок; *б* – Литол-24 + 0,011 % УНТ

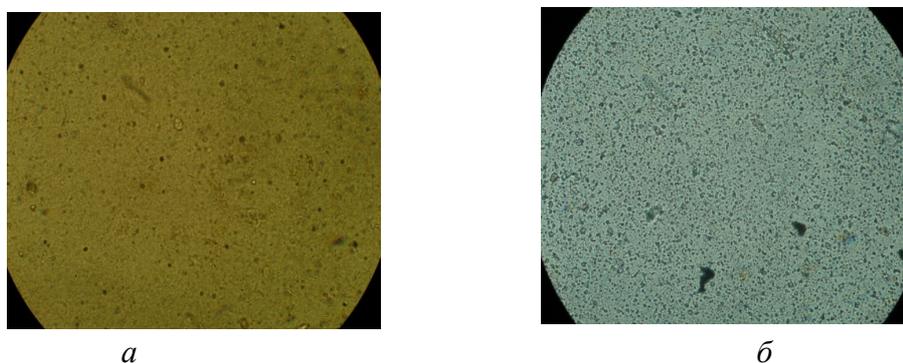


Рис. 2. Микрофотография кальциевой смазки до трения (x400):
а – Солидол С без добавок; *б* – Солидол С + 0,011 % УНТ

Результаты и их обсуждение

Исследования показали, что введение нанотрубок графита в Литол-24 позволяет снижать коэффициент трения на 20—40 % (рис. 3), а в Солидол-С – на 9—19 % (рис. 4), улучшая, таким образом, антифрикционные характеристики пластичного смазочного материала.

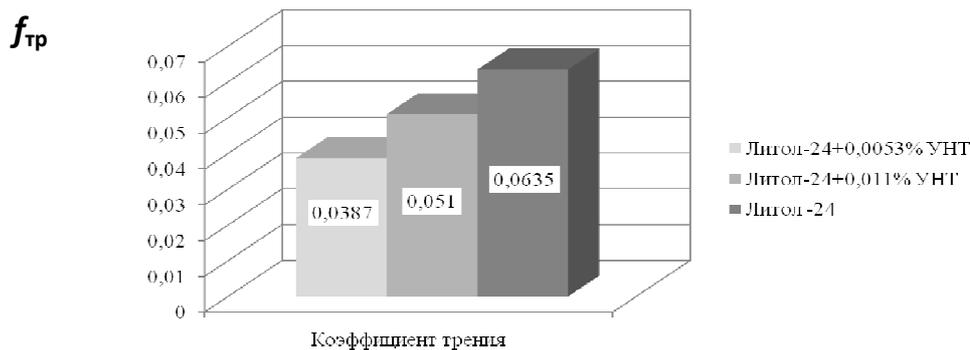


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения смазки Литол-24 от концентрации присадки УНТ

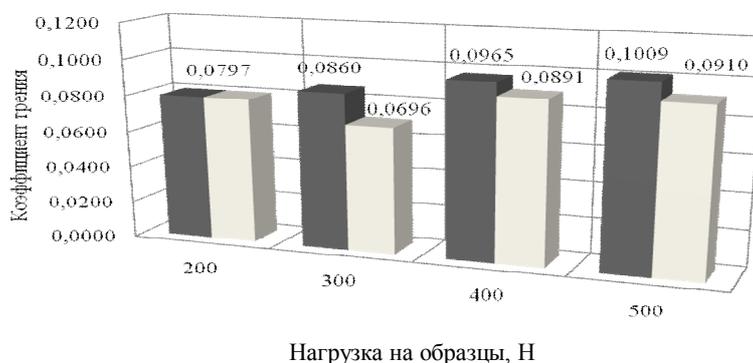


Рис. 4. Зависимость коэффициента трения композиции, состоящей из Солидола-С без добавки – ■ и с добавкой УНТ – ■

Известно, что диапазон работоспособности пластичных смазочных материалов (особенно солидолов) в основном определяется их вязкостно-температурными свойствами. При снижении коэффициента трения, обусловленного уменьшением момента силы трения, происходит меньший разогрев смазки, что в эксплуатационных условиях должно приводить к увеличению нагрузочного диапазона пары трения, при котором работоспособен смазочный материал. Поэтому были проведены исследования по определению температуры в зоне трения при использовании пластичных смазок Литол-24 (рис. 5) и Солидол-С (рис. 6) с добавкой МУНТ различной концентрации и без них.

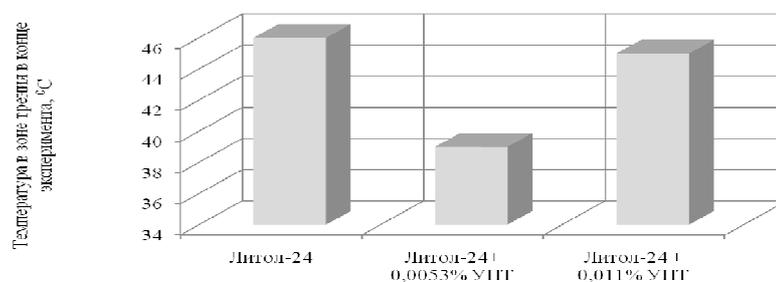


Рис. 5. Зависимость температуры в зоне трения пластичной смазки Литол-24 от концентрации УНТ

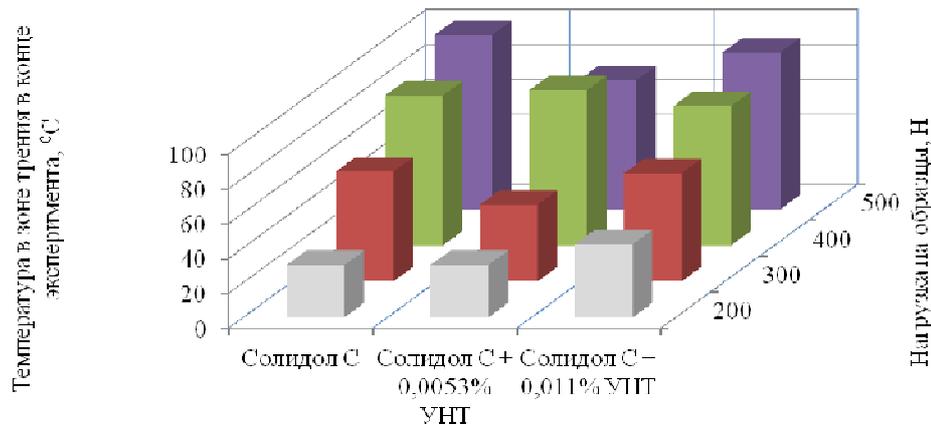


Рис. 6. Зависимость температуры в зоне трения пластичной смазки Солидола-С от концентрации УНТ

Как следует из рисунка 6, введение многостенных углеродных нанотрубок в Солидол-С позволяет снизить температуру в зоне трения на 12—19 % по сравнению с чистым солидолом. Это дает возможность расширить диапазон работоспособности солидола. Для Литола-24 снижение температуры несколько ниже (рис. 5) и составляет величину от 2 до 9 %.

Наиболее важным свойством смазочного материала, непосредственно влияющим на ресурс трибосопряжения, является возможность снижать износ элементов пары трения.

Как показали проведенные исследования, введение углеродных нанотрубок в пластичные смазки позволяет добиться снижения износа элементов пары трения. На рисунках 7 и 8 представлены результаты определения износа вкладыша и ролика при использовании пластичной смазки без добавки и с добавкой УНТ.

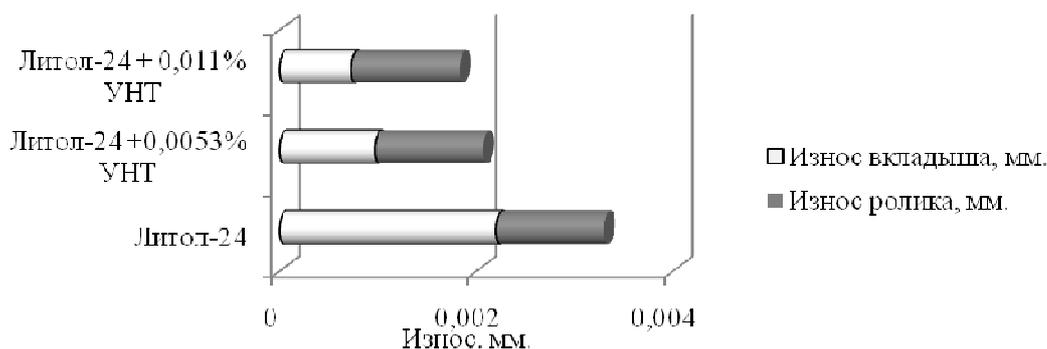


Рис. 7. Зависимость износа элементов пары трения при их смазке композициями на основе чистого Литола-24 и с присадкой УНТ различной концентрации

Из рисунков 7 и 8 следует, что в модифицированном (с добавками УНТ) Литоле-24 износ элементов пары трения снижается в 1,6—1,8 раза, тогда как в модифицированном Солидоле-С это снижение более значительно (от 2-х до 13 раз). Таким образом, в по-

следнем случае существенно улучшаются противоизносные характеристики смазочного материала. При этом для Солидола-С после введения углеродных нанотрубок характерно повышение диапазона его работоспособности на 17 %.

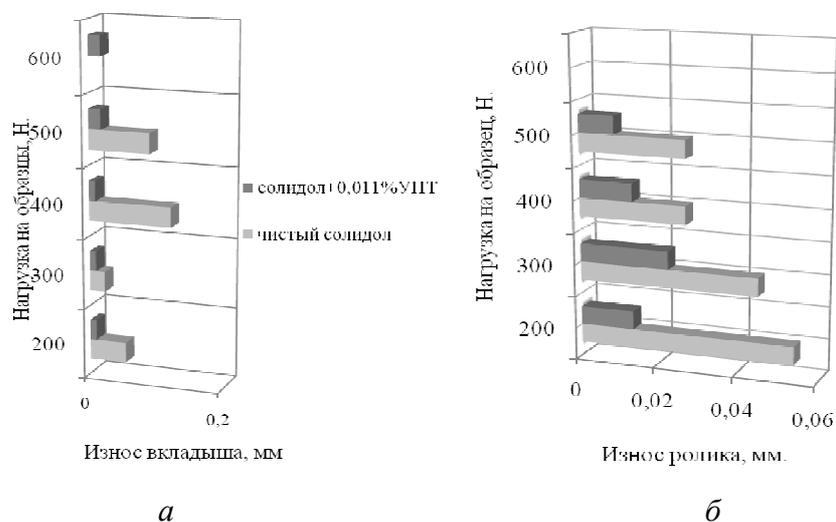


Рис. 8. Зависимость износа вкладыша (а) и ролика (б) при их смазке композициями на основе Солидола-С

Для объяснения механизма улучшения данных характеристик был сделан ряд фотографий на микроскопе марки ZEISS JENAVAL при увеличении от 250 до 3000 раз. На рисунке 9 представлены при различном увеличении микрофотографии смазочного материала на основе Литола-24 до трения и после трения.

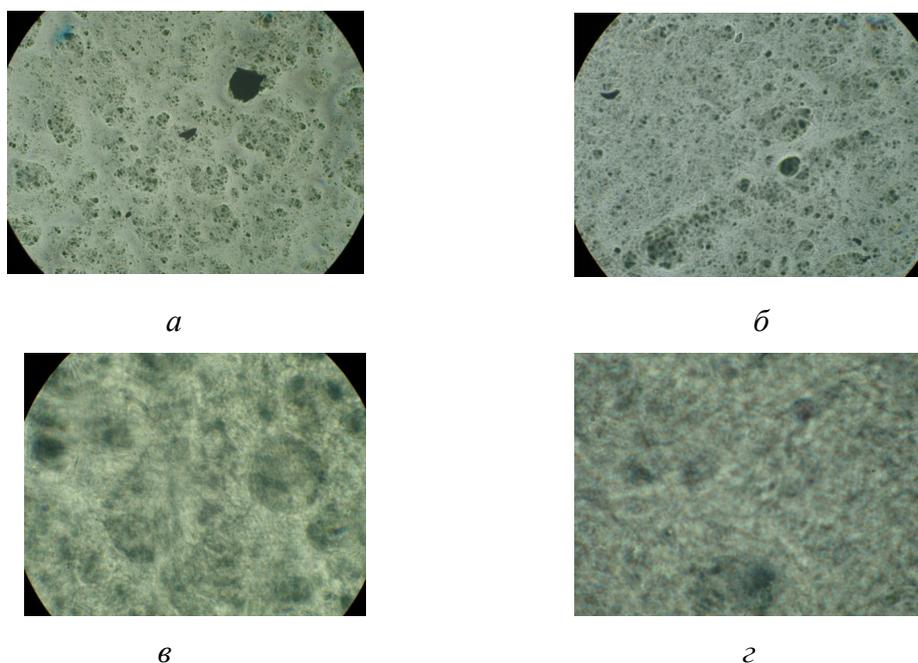


Рис. 9. Микрофотографии пластичной смазки Литол-24 с добавкой углеродных нанотрубок (0,011 %) : а, в – до трения, б, г – после трения; а, б – увеличение 250 раз; в, г – увеличение 3000 раз

Фотографии смазки, сделанные до и после процесса трения, свидетельствуют об ориентации нанотрубок по направлению трения, в результате чего на поверхности трения образуется определенным образом ориентированный слой смазочного материала, который позволяет добиться снижения коэффициента трения и износа поверхностей. На микрофотографиях видно ориентационное упорядочение частиц и изменение общего цвета смазки (после трения цвет изменился на более серый, что свидетельствует о хорошем распределении наногرافита по объему смазочного материала).

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что введение многостенных углеродных нанотрубок в малых концентрациях в пластичные смазки типа Солидола-С и Литола-24 положительно влияет на их триботехнические характеристики и позволяет снизить энергетические затраты на холостой привод элементов машин (за счет снижения коэффициента трения), а также повысить ресурс элементов трибосопряжений (за счет снижения интенсивности изнашивания последних).

Список использованной литературы

1. *Жарова М. А., Попова М. Н., Усольцева Н. В., Терентьев В. В.* // Тезисы докладов III Международного семинара «Техника и технологии трибологических исследований. Трибология и проблемы МЧС». Иваново : Иван. гос. ун-т, 2012. С. 66.
2. *Якемсева М. В., Усольцева Н. В., Гаврилова А. О., Васильев Д. М.* // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2012. Вып. 1 (39). С. 82—87.

Поступила в редакцию 31.01.2013 г.