

sijskaja Federacija. – Zaregistrovano 30.08.12.

18. Raschet jeffektivnosti akusticheskogo jekrana dlja zashhity ot stroitel'nogo shuma / M.V. Tomakov, N.M. Borzakov, V.A. Melihov, I.A. Tomakova // Molodezh' i XXI vek: mater. I mezhdunar. molodezhnoj nauch. konf. – Kursk, 2009. – Ch.1. – S.14-17.

19. Zashhita zhiloy zastrojki ot shuma stroitel'nyh ploshhadok akusticheskimi jekranami / M.V. Tomakov, N.M. Borzakov, L.N. Storozhuk, I.A. Tomakova // Molodezh' i XXI vek: mater. I mezhdunar. molodezhnoj nauch. konf. – Kursk, 2009. – Ch.1. – S.89-94.

20. Tomakov M.V., Tomakova I.A., Timakov D.I., Sopova L.N. Raschet jeffektivnosti pridorozhnyh jekranov. – Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii program-

my dlja JeVM №2010613195 Rossijskaja Federacija. – Zaregistrovano 14.05.10.

21. Fadeev A.O. Opasnosti i riski infrazvukovoj prirody na territorijah prozhivaniya cheloveka // Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. – 2006. – №5. – S. 24-28.

22. Frolov K. V., Goncharevich I.F., Lihnov P.P. Infrazvuk, vibracija, chelovek. – M.: Mashinostroenie, 1996. – 364 s.

23. Jel'kin Ju.I. Harakteristika shuma stroitel'no-dorozhnyh mashin // Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. – 2005. – №10. – S.19-20.

24. Berglund B., Lindvall T., Schwela D. WHO Guidelines for Community Noise. Guidelines for Community Noise, World Health Organisation. – Geneva, 2000. – P. 12.

25. Evans G.W. Community noise exposure and stress on children // Acoustical Society of America. – 2001. – № 109. – P. 1023-1027.

УДК 621.2.082.18

В.В. Медведева, аспирант, СПбПУ Петра Великого (e-mail: vikamv@mail.ru)

А.Д. Бреки, канд. техн. наук, доцент, СПбПУ Петра Великого (e-mail: albreki@yandex.ru)

Н.А. Крылов, канд. техн. наук, доцент, СПбПУ Петра Великого (e-mail: cry_off@mail.ru)

С.Е. Александров, д-р хим. наук, профессор, СПбПУ Петра Великого (e-mail: sevgalexandrov@gmail.com)

А.Е. Гвоздев, д-р техн. наук, профессор, ТГПУ им. Л.Н. Толстого (Тула) (e-mail: technology@tspu.tula.ru)

Н.Е. Стариков, д-р техн. наук, профессор, ТулГУ (e-mail: starikov_tai@mail.ru)

Н.Н. Сергеев, д-р техн. наук, профессор, ТГПУ им. Л.Н. Толстого (Тула) (e-mail: technology@tspu.tula.ru)

Е.В. Агеев, д-р техн. наук, доцент, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» (Курск) (e-mail: ageev_ev@mail.ru)

А.Н. Сергеев, д-р пед. наук, профессор, ТГПУ им. Л.Н. Толстого (Тула) (e-mail: ansergueev@mail.ru)

Д.В. Малий, ассистент, ТГПУ им. Л.Н. Толстого (Тула) (e-mail: maliydmiriy@yandex.ru)

Д.А. Провоторов, канд. техн. наук, ведущий инженер-конструктор, НПП «Вулкан-ТМ» (Тула) (e-mail: prodmyt@rambler.ru)

Триботехнические свойства пластичных смазочных композиционных материалов с наполнителями из дисперсных частиц меди и цинка

Областями применения смазки Литол-24 являются подшипники качения и скольжения всех типов, шарниры, зубчатые и другие передачи, поверхности трения колесных и гусеничных транспортных средств, промышленных механизмов, электрических машин и т.п.

Предметом данного исследования являются триботехнические свойства композиционных материалов на основе пластичной смазки «Литол-24 ARGO», с наполнителем из частиц меди и цинка различных фракций.

Целью исследования является оценка влияния концентрации частиц меди и цинка на противоизносные свойства пластичного смазочного композиционного материала.

Оценку противоизносных свойств смазочных слоёв, содержащих дисперсные наполнители, осуществляли на четырёхшариковой машине трения ЧШМ-3,2 в соответствии с ГОСТ 9490–75 при трении скольжения.

В статье приведены результаты исследования влияния дисперсных частиц меди и цинка на противоизносные и антифрикционные свойства смазочного слоя на основе пластичного смазочного материала. В границах исследования выявлено различное воздействие частиц меди и цинка на износ шаров из стали ШХ-15. Показано влияние дисперсных наполнителей на трение в среде смазочного материала и на граничное трение.

Выводы по результатам экспериментальных исследований следующие:

1. Микрочастицы меди и цинка в различной степени оказывают влияние на противоизносные свойства смазочного материала Литол-24, что связано с особенностями взаимодействия частиц с поверхностями трения и базовым смазочным материалом.

2. В режиме трения в среде смазочного материала частицы меди и цинка снижают сопротивление движению шара, связанное с реологическими свойствами используемой смазки. Это может быть связано с ускоренным разрушением структурного каркаса базового смазочного материала в случае использования наполнителей.

3. В режиме граничного трения как частицы меди, так и частицы цинка приводят к увеличению силы трения. Можно предположить, что имеет место быть как увеличение механической, так и увеличение адгезионной составляющей силы трения, связанное с образованием и разрушением плёнок на поверхностях трения.

Ключевые слова: пластичная смазка, медь, цинк, дисперсные частицы, антифрикционные добавки, трение, износ, смазка.

В различных областях промышленности для снижения энергетических потерь на трение и повышение работоспособности и долговечности трибосопряжений широко применяется целый ряд смазочных композиций на основе пластичных смазочных материалов, содержащих присадки конкретного функционального назначения, в том числе [2-17 и др.]: кондиционеры металлов, реметаллизанты (восстановители); твёрдые смазочные материалы и т.п. Множество смазочных композиций постоянно увеличивается за счёт разработки новых составов, содержащих металлы, бинарные сплавы и химические соединения. Вместе с тем, в том числе благодаря успехам нефтехимии, развиваются и улучшаются составы самих базовых пластичных смазочных материалов за счёт совершенствования базового пакета присадок. В настоящее время активно производятся и поступают на рынок дисперсные порошки различных мягких металлов, противоизносные свойства которых были выявлены ещё в советское время. Опыты, проведенные

проф. Д.Н. Гаркуновым, показали, что при внесении в глицерин или консистентную смазку ЦИАТИМ-201 порошков меди, бронзы или латуни трущиеся поверхности стальных деталей покрываются тонкими пленками, состоящими из материалов порошков.

Различают два принципа действия порошков [1]:

1. Порошки прочно схватываются с поверхностью и создают условия для режима так называемого избирательного переноса. В частности, порошки латуни или бронзы в процессе трения растворяются (легирующие элементы взаимодействуют со смазкой) и поверхности, в результате, покрываются сервовитной плёнкой меди.

2. Порошки схватываются с поверхностью и как бы зашпаклёвывают неровности на поверхности трущейся детали.

Первый принцип называется адгезионным, а второй – механическим. Таким образом, в связи с развитием базовых смазочных материалов представляется целесообразным исследование влияния

на их триботехнические свойства наполнителей из частиц мягких металлов.

В качестве объектов исследования были выбраны смазочные композиции на основе пластичного смазочного материала «Литол-24 ARGO», с наполнителем из частиц меди размером 30 мкм и с наполнителем из частиц цинка размером 20 мкм. Ряд концентраций частиц в пластичных смазочных композиционных материалах составлял 0,05%, 1%, 5%, 10%.

Смазка Литол-24 (ГОСТ 21150-87) – нефтяное масло вязкостью 60-75 мм²/с при 50°C, загущенное литиевым мылом 12-гидроксистеариновой кислоты. Она содержит антиокислительную и вязкостную присадки.

Основные эксплуатационные характеристики смазки Литол-24: высокая коллоидная, химическая и механическая стабильность, водостойкость даже в кипящей воде, при нагревании неупрочняется. Она имеет работоспособность при температуре -40...+120°C, кратковременно сохраняет работоспособность при температуре 130°C.

Областями применения смазки литол-24 являются подшипники качения и скольжения всех типов, шарниры, зубчатые и другие передачи, поверхности трения колесных и гусеничных транспортных средств, промышленных механизмов, электрических машин и т.п.

Предметом данного исследования являются триботехнические свойства композиционных материалов на основе пластичной смазки «Литол-24 ARGO», с наполнителем из частиц меди и цинка различных фракций.

Целью исследования является оценка влияния концентрации частиц меди и цинка на противоизносные свойства пластичного смазочного композиционного материала.

Оценку противоизносных свойств смазочных слоёв, содержащих дисперсные наполнители, осуществляли на четырёхшариковой машине трения ЧШМ-3,2 в соответствии с ГОСТ 9490–75 при трении скольжения.

Данная установка используется на начальном этапе трибологических испытаний для оценки способности смазочных материалов уменьшать износ пар трения и предотвращать их заедание. В этой лабораторной установке стандартный шарикоподшипниковый шарик из стали ШХ-15 диаметром $d_{ш} = 12,70 \text{ мм}$ зажат в шпинделе машины, вращающемся с частотой вращения $n_{ш} = 1460 \text{ мин}^{-1}$. К этому шарiku под заданной нагрузкой $60 \text{ Н} \leq P \leq 10000 \text{ Н}$ прижимают три неподвижных шарика, сложенные треугольником в плоскости, перпендикулярной оси шпинделя, и помещают в чашку с исследуемым смазочным материалом. Вращающийся шарик вытирает на контактирующих с ним участках рабочих поверхностей неподвижных шаров лунки (пятна износа), по средней величине которых судят о влиянии смазочного материала на износ шаров при данной нагрузке. Испытания проводились при следующих условиях: нагрузка составляла 20 кгс, время одного испытания составляло 1 час.

Результаты испытаний противоизносных свойств пластичного композиционного материала с частицами меди показаны на рисунке 1.

Из построенного графика (см. рис.1) видно, что добавление дисперсной меди способствует улучшению противоизносных свойств смазочного слоя до концентрации $\approx 4,5\%$ по массе. При концентрации частиц меди $\approx 4,5\%$ наблюдается минимальный износ на 15% меньший, чем при использовании базового смазочного материала. После превышения указанной

концентрации эффективность смазки снижается.

Результаты испытаний противоизносных свойств пластичного композиционного материала с частицами цинка показаны на рисунке 2.

Из построенного графика (см. рис.2) видно, что добавление дисперсного цинка способствует улучшению противоизносных свойств смазочного слоя на всём диапазоне концентраций. При максимальной концентрации в 10% по массе диаметр пятна износа снижается на $\approx 40\%$ относительно базового смазочного материала «Литол-24».

Далее осуществили экспресс исследование антифрикционных свойств полученных смазочных композиционных материалов.

Испытание проводили по схеме «шар – плоскость» в режиме возвратно-

поступательного движения. Схема испытаний показана на рис.3. В каждом опыте было реализовано 2 прохода шара по плоскости (прямой и обратный ход). Длина пути трения за один проход составляла 75 мм (соответственно полный путь трения за одно испытание 150мм). Средняя скорость перемещения шара по плоскости составляла $\approx 5,5$ мм/с. Шар прижимался к плоскости с силой 32 Н. Диаметр шара – 12,7 мм, материал шара – сталь ШХ-15. Материал плоскости (стальной призмы) сталь 12Х1. Испытывались следующие смазочные материалы: Литол-24 без добавок, Литол-24+5% Cu, Литол-24+5% Zn. Смазочные материалы наносились тонким слоем на поверхности трения с помощью шпателя и специальных трафаретов для локального нанесения.

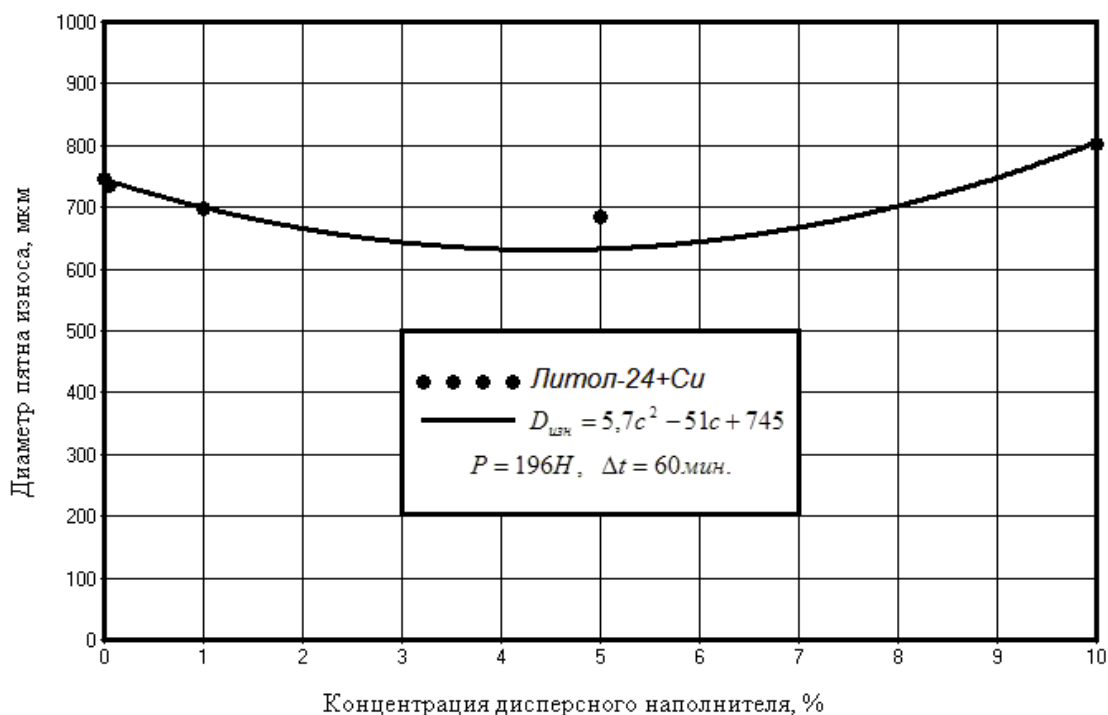


Рис. 1. График зависимости диаметра пятна износа от концентрации частиц меди в смазочном материале

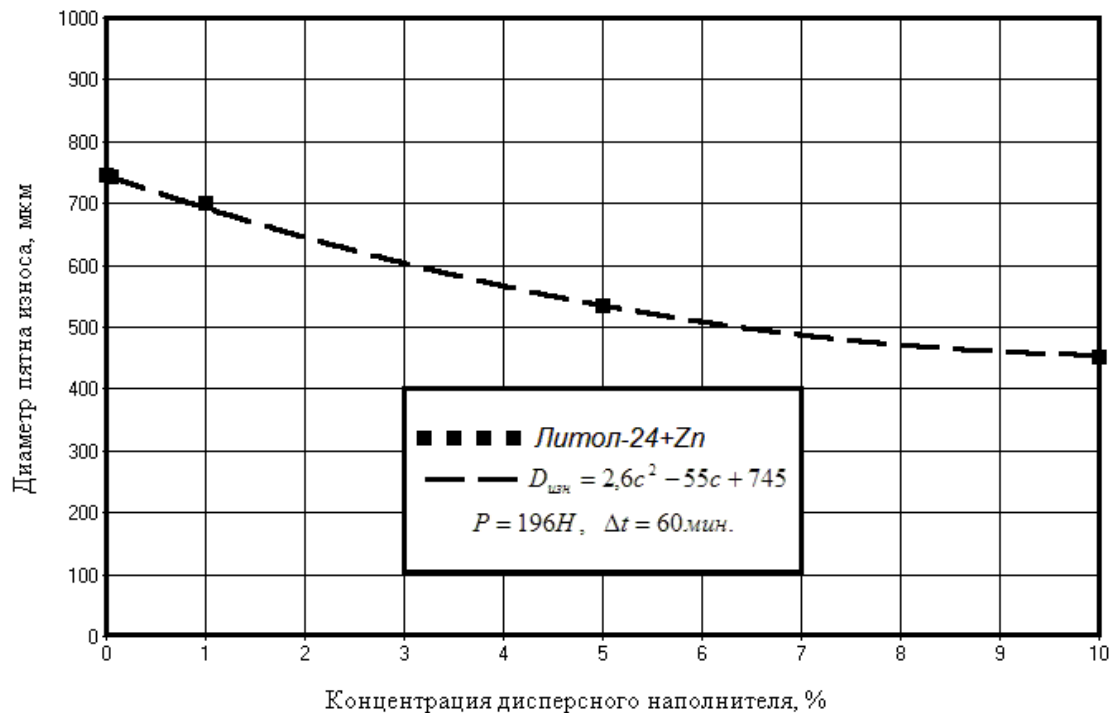


Рис. 2. График зависимости диаметра пятна износа от концентрации частиц цинка в смазочном материале

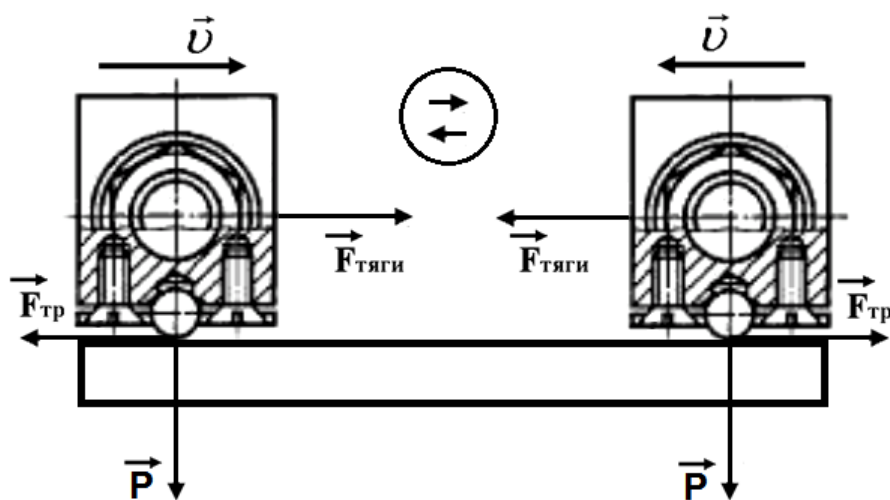


Рис. 3. Схема испытаний смазочных композиционных материалов

В процессе работы по схеме возвратно-поступательного движения сила трения после каждого прохода меняет своё направление на противоположное. В целом изменение силы трения можно описать следующим соотношением:

$$F_{\text{тр}} = (-1)^{n(t)} \cdot F_{\text{тр},k}(t),$$

$$n(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } t = t_{2k}, \\ 2, & \text{при } t = t_{2k-1}, \end{cases} \quad k \in \mathbb{N},$$

где $n(t)$ – показатель степени при (-1); t_{2k-1} – интервалы времени проходов, при которых осциллограф показывает поло-

жительные значения сил трения, а t_{2k} — интервалы времени проходов, при которых осциллограф показывает отрицательные значения сил трения; $F_{тр,k}(t)$ — сила трения при k -м проходе.

Поэтому на построенных графиках приведены положительные и отрицательные значения силы трения.

Зависимости силы трения от времени при прямом и обратном проходах для

смазочных материалов Литол-24 и Литол-24+5% Cu показаны на рисунке 4.

Из полученных зависимостей (см. рис.4) видно, что при прямом ходе (положительные значения сил трения) большее сопротивление движению оказывает смазочный материал Литол-24, поскольку были созданы условия, при которых реологические свойства самих материалов оказывали определяющее влияние на процесс трения.

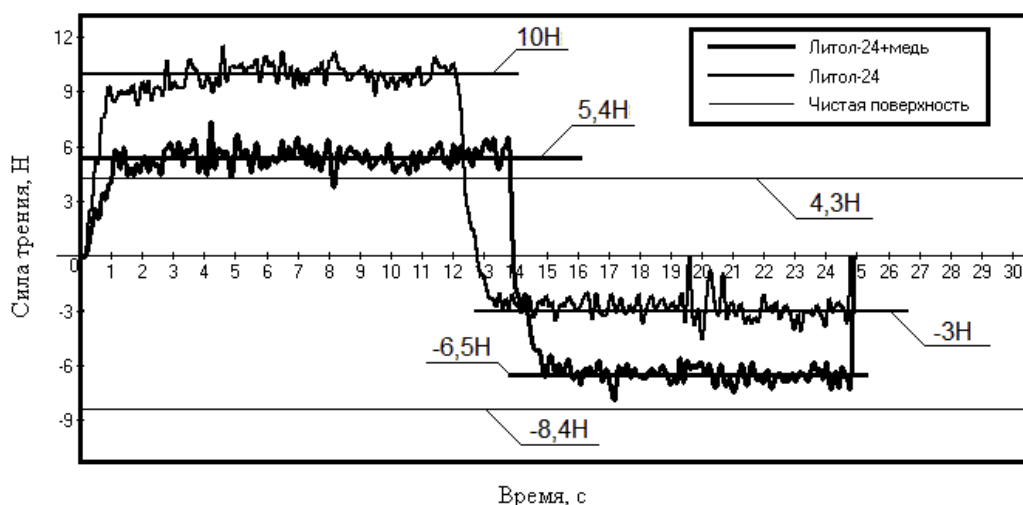


Рис. 4. Зависимости силы трения от времени для «Литол-24» и «Литол-24+5% Cu»

Наименьшее сопротивление показала чистая поверхность, поскольку в этом случае не было вклада реологической составляющей. Смазочный материал Литол-24+5% Cu показал почти в 2 раза меньшее сопротивление, чем Литол-24, что может быть связано с особенностями взаимодействия частиц меди со структурным каркасом базового смазочного материала.

При обратном ходе шара по плоскости система перешла в режим граничного трения, поскольку в процессе прямого хода существенная часть слоя смазочного материала была снята в процессе перемещения шара. В этом случае реологические свойства смазочных материалов не существенно влияли на процесс трения, а существенное влияние было обусловлено составом базового смазочного материала

и наличием частиц меди. В этом случае уже Литол-24 показал в ≈ 2 раза меньшее трение, чем смазочный материал Литол-24+5% Cu, что может быть связано с тормозящим действием частиц меди в режиме граничного трения.

Зависимости силы трения от времени при прямом и обратном проходах для смазочных материалов Литол-24 и Литол-24+5% Zn показаны на рисунке 5.

Из полученных зависимостей (см. рис.5) видно, что при прямом ходе (положительные значения сил трения) большее сопротивление движению так же, как и в опыте с медным наполнителем, оказывает смазочный материал Литол-24, поскольку были созданы условия, при которых реологические свойства самих материалов оказывали определяющее влияние на процесс трения.

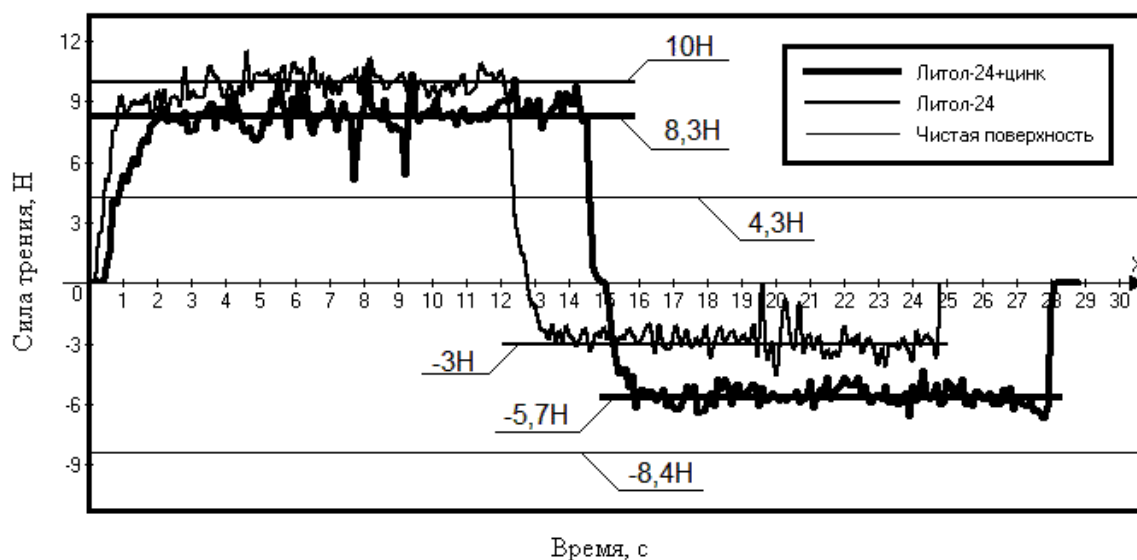


Рис. 5. Зависимости силы трения от времени для «Литол-24» и «Литол-24+5% Zn»

Наименьшее сопротивление также показала чистая поверхность, поскольку в этом случае не было вклада реологической составляющей. Смазочный материал Литол-24+5% Zn показал на 17% меньшее сопротивление, чем Литол-24, что также может быть связано с особенностями взаимодействия частиц цинка со структурным каркасом базового смазочного материала.

При обратном ходе шара по плоскости система также перешла в режим граничного трения, поскольку в процессе прямого хода существенная часть слоя смазочного материала была снята в процессе перемещения шара. В этом случае реологические свойства смазочных материалов не существенно влияли на процесс трения, а существенное влияние было обусловлено составом базового смазочного материала и наличием частиц цинка. В этом случае, как и в случае с медным наполнителем, Литол-24 показал в ≈ 2 раза меньшее трение, чем смазочный материал Литол-24+5% Zn, что может быть связано с тормозящим действием частиц цинка в режиме граничного трения.

На основании полученных результатов экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Микрочастицы меди и цинка в различной степени оказывают влияние на противоизносные свойства смазочного

материала Литол-24, что связано с особенностями взаимодействия частиц с поверхностями трения и базовым смазочным материалом.

2. В режиме трения в среде смазочного материала частицы меди и цинка снижают сопротивление движению шара, связанное с реологическими свойствами используемой смазки. Это может быть связано с ускоренным разрушением структурного каркаса базового смазочного материала в случае использования наполнителей.

3. В режиме граничного трения как частицы меди, так и частицы цинка приводят к увеличению силы трения. Можно предположить, что имеет место быть как увеличение механической, так и увеличение адгезионной составляющей силы трения, связанное с образованием и разрушением плёнок на поверхностях трения.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда по приоритетному направлению деятельности Российского научного фонда «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований по приоритетным тематическим направлениям исследований» научному проекту: «Формирование беспористых покрытий из нанокпозиционных материалов типа «износостойкая матрица - наночастицы дисульфида молибдена

(вольфрама)», обладающих низким коэффициентом трения, методом химического осаждения из газовой фазы», № 15-13-00045.

Список литературы

1. Повышение износостойкости на основе избирательного переноса / под ред. Д.Н. Гаркунова. – М.: Машиностроение, 1977. – 215с.

2. Докшанин С. Г. Увеличение ресурса работы подшипников качения применением пластичных смазочных материалов с ультрадисперсным алмазографитом: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02; Красноярский государственный технический университет. - Красноярск, 2002. - 20 с.

3. Маринушкин Д. А. Повышение долговечности гипоидных передач применением твёрдых добавок к смазочному материалу: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02 / Сибирский государственный технологический университет. - Красноярск, 2008. - 20 с.

4. Шаронов А. А. Улучшение эксплуатационных характеристик подшипников скольжения применением модифицированных смазочных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02 / Красноярский государственный технический университет. - Красноярск, 2005. - 18 с.

5. Хуссеин Х. А. Твёрдые композиционные присадки на основе металлизированного графита для пластичных смазочных материалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.04 / Институт проблем машиноведения РАН. – СПб., 2009. - 18 с.

6. Бреки А.Д. Триботехнические свойства модифицированных смазочных масел: дис. канд. техн. наук / Институт проблем машиноведения Российской академии наук. – СПб., 2011. – 161с.

7. Бреки А.Д. Триботехнические свойства модифицированных смазочных масел: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Институт проблем машиноведения Российской академии наук. – СПб., 2011. – 19 с.

8. Журба И. А. Нестационарная математическая модель прогнозирования

устойчивой работы подшипников скольжения с вязкоупругой смазочной композицией: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.04, 05.13.18 / Ростовский государственный университет путей сообщения. – Ростов-на-Дону, 2005. - 24 с.

9. Рабецкая О.И. Улучшение рабочих характеристик радиальных подшипников скольжения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.02 / ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». – Красноярск, 2008.- 21 с.

10. Шаров Г.И., Ерохин И.А., Осипенко Ю.В. Применение системы энергосбережения в поршневых ДВС // Повышение износостойкости и долговечности машин и механизмов на транспорте: труды третьего международного симпозиума по транспортной триботехнике «ТРАНСТРИБО-2005». – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2005. – С. 212 – 215.

11. Жидкие смазочные композиционные материалы, содержащие высокодисперсные наполнители, для подшипниковых узлов управляемых систем: монография / А.Д. Бреки, Е.С. Васильева, О.В. Толочко, Н.Н. Сергеев, А.Е. Гвоздев, Н.Е. Стариков. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. – 144с.

12. Триботехнические свойства жидких смазочных композиционных материалов, содержащих полученные методом газофазного синтеза высокодисперсные дисульфид и диселенид вольфрама: монография / А.Д. Бреки, Е.С. Васильева, О.В. Толочко, Н.Н. Сергеев, А.Е. Гвоздев, Н.Е. Стариков; под ред. А.Д. Бреки – Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. – 152с.

13. Триботехнические свойства композиционных покрытий с полиимидными матрицами и наполнителями из наночастиц дихалькогенидов вольфрама для узлов трения машин: монография / А.Д. Бреки, В.В. Кудрявцев, А.Л. Диденко, Е.С. Васильева, О.В. Толочко, Н.Н. Сергеев, Н.Е. Стариков, А.Е. Гвоздев; под ред. А.Д. Бреки. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. – 128с.

14. Триботехнические характеристики жидких смазочных и полиимидных

композиционных материалов, содержащих антифрикционные наночастицы ди-халькогенидов вольфрама: монография / А.Д. Бреки, Е.С. Васильева, О.В. Толочко, Н.Е. Стариков, Н.Н. Сергеев, Д.А. Провоторов, А.Н. Сергеев, А.Е. Гвоздев; под ред. А.Д. Бреки. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. – 276 с.

15. Оценка влияния размера частиц и концентрации порошков горных пород на противоизносные свойства жидких смазочных композиций / В.В. Медведева, М.А. Скотникова, А.Д. Бреки, Н.А. Крылов, Ю.А. Фадин, А.Н. Сергеев, Д.А. Провоторов, А.Е. Гвоздев, Н.Е. Стариков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – Вып.11. – Ч1. – С.57-65.

16. Влияние смазочного композиционного материала с наночастицами дисульфида вольфрама на трение в подшип-

никах качения / А.Д. Бреки, В.В. Медведева, Ю.А. Фадин, О.В. Толочко, Е.С. Васильева, А.Н. Сергеев, Д.А. Провоторов, А.Е. Гвоздев, Н.Е. Стариков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2015. – Вып.11. – Ч1. – С.78-86.

17. Оценка триботехнических свойств композиционных покрытий на основе полигетероарилена «пм-дадфэ» с наполнителем из наночастиц диселенида вольфрама при трении в среде смазочного масла / А.Д. Бреки, Ю.А. Фадин, А.Л. Диденко, В.В. Кудрявцев, Е.С. Васильева, О.В. Толочко, А.Е. Гвоздев, Е.В. Агеев, Д.А. Провоторов, Н.Е. Стариков, А.Н. Сергеев, Д.В. Малий // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2015. – № 6 (63). – С. 60–65.

Получено 25.02.16

V.V. Medvedeva, Postgraduate Student, Relations of Peter the Great (e-mail: vikamv@mail.ru)

A.D. Breki, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Relations of Peter the Great (e-mail: albreki@yandex.ru)

N.A. Krylov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Relations of Peter the Great (e-mail: cry_off@mail.ru)

S.E. Aleksandrov, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Relations of Peter the Great (e-mail: sevgalexandrov@gmail.com)

A.E. Gvozdev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, TGPU named after I. N. Tolstoy (Tula) (e-mail: technology@tspu.tula.ru)

N.E. Starikov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Tula State University (e-mail: starikov_tai@mail.ru)

N.N. Sergeev, Doctor of Engineering Sciences, Professor, TGPU named after I. N. Tolstoy (Tula) (e-mail: technology@tspu.tula.ru)

E.V. Ageev, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Southwest State University (Kursk) (e-mail: ageev_ev@mail.ru)

A.N. Sergeev, Doctor of Pedagogic Sciences, TGPU named after I. N. Tolstoy (Tula) (e-mail: ansergueev@mail.ru)

D.V. Maliy, Assistant, TGPU named after I. N. Tolstoy (Tula) (e-mail: maliydmiriy@yandex.ru)

D.A. Provotorov, Candidate of Engineering Sciences, RPE «Vulkan-TM» (Tula) (e-mail: prodmyt@rambler.ru)

TRIBOENGINEERING QUALITIES OF SEMISOLID COMPOSITE LUBRICANTS WITH COPPER AND ZINC DISPERSED PARTICLE FILLERS

Lubricant Lithium Soap-24 is applied to lubricate all types of roller and plain bearings, rotating joints, tooth gearings, caterpillar and wheeled vehicle friction face, industrial mechanisms, electrical machines.

The subject of this research is triboengineering qualities of composite materials semisolid lubricant Lithium Soap-24 based, containing copper and zinc fillers.

The research objective is to estimate how copper and zinc particles concentration influence semisolid lubricant composite material antiwear properties.

Estimate of lubricating films antiwear properties, containing dispersive fillers was done on four-ball friction testing machine in accordance with GOST 9490-75 (All-Union State Standard).

The results of copper and zinc dispersive particles effect on antiwear properties of the lubricating film semisolid lubricant material based are presented in the article.

The research shows different copper and zinc particles influence over chrome steel bearing balls. Dispersive filler effect on lubricant material friction and boundary friction is described.

Experimental research results are the following:

1. Copper and zinc microparticulates influence lubricant antiwear properties of Lithium Soap-24. This occurs due to the interaction between microparticulates and friction face and base lubricant material.

2. In the process of friction copper and zinc particles in the lubricant reduce resistance against ball movement due to the lubricant flow characteristics. This occurs due to the speeded structural framework lubricant disrupting in the case of fillers use.

3. Both copper and zinc particles in the process of boundary friction lead to the increase in frictional force. It is expected that there is increase in frictional force mechanical and adhesive components, caused by adhesive film on the friction faces.

Key words: *semisolid lubricant, copper, zinc, dispersive particles, antifriction additive compounds, friction, wear, lubricant.*

References

1. Povyshenie iznosostojkosti na osnove izbiratel'nogo perenosa / pod red. D.N. Gar-kunova. – M.: Mashinostroenie, 1977. – 215s.

2. Dokshanin S. G. Uvelichenie resursa raboty podshipnikov kachenija primeneniem plastichnyh smazochnyh materialov s ul'tradispersnym almazografitom: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.02.02; Krasnojarskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet. - Krasnojarsk, 2002. - 20 s.

3. Marinushkin D. A. Povyshenie dolgovechnosti gipoidnyh peredach primeneniem tvjordyh dobavok k smazochnomu materialu: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.02.02 / Sibirskij gosudarstvennyj tehnologičeskij universitet. - Krasnojarsk, 2008. - 20 s.

4. Sharonov A. A. Uluchshenie jekspluacionnyh harakteristik podshipnikov skol'zhenija primeneniem modificirovan-nyh smazochnyh materialov: av-toref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.02.02 / Krasnojarskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet. - Krasnojarsk, 2005. - 18 s.

5. Hussein H. A. Tvjordye kompozicionnye prisadki na osnove metallizirovannogo grafita dlja plastichnyh sma-

zochnyh materialov: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.02.04 / Institut problem mashinovedenija RAN. – SPb., 2009. - 18 s.

6. Breki A.D. Tribotehničeskije svojstva modificirovannyh smazochnyh masel: dis. ... kand. tehn. nauk/ Institut problem mashinovedenija Rossijskoj akademii nauk. – SPb., 2011. – 161s.

7. Breki A.D. Tribotehničeskije svojstva modificirovannyh smazochnyh masel: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk / Institut problem mashinovedenija Rossijskoj akademii nauk. – SPb., 2011. – 19 s.

8. Zhurba I. A. Nestacionarnaja tematicheskaja model' prognozirovanija ustojchivoj raboty podshipnikov skol'zhenija s vjazkouprugoj smazochnoj kompoziciej: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.02.04, 05.13.18 / Rostovskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenija. – Rostov-na-Donu, 2005. - 24 s.

9. Rabeckaja O.I. Uluchshenie rabochih harakteristik radial'nyh podshipnikov skol'zhenija: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.02.02 / FGOU VPO «Sibirskij federal'nyj universitet». – Krasnojarsk, 2008.- 21 s.

10. Sharov G.I., Erohin I.A., Osipenko Ju.V. Primenenie sistemy jenergosberezhenija v porshnevnyh DVS // Povyshenie

iznosostojkosti i dolgovechnosti mashin i mehanizmov na transporte: trudy tret'ego mezhdunarodnogo simpoziuma po transportnoj tribotehnike «TRANSTRIBO-2005». – SPb.: Izd-vo SPbGPU, 2005. – S. 212 – 215.

11. Zhidkie smazochnye kompozicionnye materialy, soderzhashhie vysokodispersnye napolniteli, dlja podshipnikovyh uzlov upravljajemyh sistem: monografija / A.D. Breki, E.S. Vasil'eva, O.V. Tolochko, N.N. Sergeev, A.E. Gvozdev, N.E. Starikov. – Tula: Izd-vo TulGU, 2014. – 144s.

12. Tribotekhnicheskie svojstva zhidkih smazochnyh kompozicionnyh materialov, soderzhashhih poluchennye metodom gazofaznogo sinteza vysokodispersnye disulfid i diselenid vol'frama: monografija / A.D. Breki, E.S. Vasil'eva, O.V. Tolochko, N.N. Sergeev, A.E. Gvozdev, N.E. Starikov; pod. red. A.D. Breki. – Tula: Izd-vo TulGU, 2014. – 152s.

13. Tribotekhnicheskie svojstva kompozicionnyh pokrytij s poliimidnymi matrikami i napolniteljami iz nanochastic dihal'kogenidov vol'frama dlja uzlov trenija mashin: monografija / A.D. Breki, V.V. Kudrjavcev, A.L. Didenko, E.S. Vasil'eva, O.V. Tolochko, N.N. Sergeev, N.E. Starikov, A.E. Gvozdev; pod red. A.D. Breki. – Tula: Izd-vo TulGU, 2015. – 128s.

14. Tribotekhnicheskie karakteristiki zhidkih smazochnyh i poliimidnyh kompozicionnyh materialov, soderzhashhih antifrikcionnye nanochasticy dihal'kogenidov vol'frama: monografija / A.D. Bre-

ki, E.S. Vasil'eva, O.V. Tolochko, N.E. Starikov, N.N. Sergeev, D.A. Provotorov, A.N. Sergeev, A.E. Gvozdev; pod red. A.D. Breki. – Tula: Izd-vo Tul-GU, 2015. – 276 s.

15. Ocenka vlijanija razmera chastic i koncentracii poroshkov gornyh porod na protivoznosnye svojstva zhidkih smazochnyh kompozicij / V.V. Medvedeva, M.A. Skotnikova, A.D. Breki, N.A. Krylov, Ju.A. Fadin, A.N. Sergeev, D.A. Provotorov, A.E. Gvozdev, N.E. Starikov // Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki. – 2015. – Vyp.11. – Ch1. – S.57-65.

16. Vlijanie smazochnogo kompozicionnogo materiala s nanochasticami disulfida vol'frama na trenie v podshipnikah kachenija / A.D. Breki, V.V. Medvedeva, Ju.A. Fadin, O.V. Tolochko, E.S. Vasil'eva, A.N. Sergeev, D.A. Provotorov, A.E. Gvozdev, N.E. Starikov // Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki. – 2015. – Vyp.11. – Ch1. – S.78-86.

17. Ocenka tribotekhniceskih svojstv kompozicionnyh pokrytij na osnove poligeteroarilena «pm-dadfje» s napolnitelem iz nanochastic diselenida vol'frama pri trenii v srede smazochnogo masla / A.D. Breki, Ju.A. Fadin, A.L. Didenko, V.V. Kudrjavcev, E.S. Vasil'eva, O.V. Tolochko, A.E. Gvozdev, E.V. Ageev, D.A. Provotorov, N.E. Starikov, A.N. Sergeev, D.V. Malij // Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. – № 6 (63). – S. 60–65.