

**РАЗДЕЛ I**  
**ТРАНСПОРТ.**  
**ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ**

---

УДК 629.351

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ УЗЛОВ ТРЕНИЯ  
ХОДОВОЙ ЧАСТИ АВТОМОБИЛЕЙ КАМАЗ**

В.В. Евстифеев, Г.А. Голощяпов, С.В. Мельник  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

***Аннотация.** Приведены результаты экспериментальных (с использованием разработанного метода и трибометра) и натурных испытаний работоспособности смазок различных составов и снижения трения износа. Дана оценка влияния добавок к пластичной смазке на основе порошков графита, дисульфида молибдена и их композиций с присадками (и некоторого количества абразива) в условиях граничного трения при абразивном изнашивании. Анализируются работоспособность смазки Литол-24 с модификаторами в узлах трения скольжения автомобилей семейства КамАЗ. Показаны другие добавки оказываются неэффективными.*

***Ключевые слова:** узлы трения скольжения, пластичная смазка, модификаторы - присадки, граничное трение, метод оценки свойств смазочных материалов.*

**Введение**

Повышение срока службы узлов трения машин и механизмов является важнейшей задачей машиностроения, решение которой позволяет получить экономический эффект за счет снижения затрат на техническое обслуживание и ремонт, увеличения ресурса деталей. Это имеет прямое отношение и к машинам, работающим в условиях агропромышленного комплекса. Наиболее широко применение там получили автомобили семейства КамАЗ, которые используются для перевозки различных грузов. При этом узлы трения автомобиля подвергаются воздействию неблагоприятных факторов – повышенная влажность, запыленность и другие, которые оказывают влияние на их работоспособность. В узлы трения проникают частицы абразива, вызывающие изнашивание поверхностей трущихся пар, снижая ресурс их работы.

Особенно активному изнашиванию подвергаются подшипники скольжения, работающие на пластичных смазках в режиме граничного трения. В большей степени изнашиванию подвергаются узлы ходовой части автомобиля. К таким узлам относятся детали подвески передних рессор, шкворни с втулками поворотных кулаков рулевого управления, которые не имеют надежных уплотнительных устройств [1].

Изложенные причины свидетельствуют об актуальности проведения исследований по улучшению противоизносных свойств пла-

стичных смазок. Одним из направлений улучшения противоизносных свойств пластичных смазок является их модифицирование – введение добавок, способных снижать абразивное изнашивание поверхностей трения при скольжении [2,3,4].

**Результаты исследований**

Для исследования влияния состава пластичных смазок на абразивное изнашивание при скольжении были разработаны метод и прибор (трибометр) для оценки влияния состава смазок на износ [5].

В ходе проведения экспериментов устанавливалось влияние добавок различной природы для предварительной оценки их влияния снижения трения износа. Из органических соединений использовались присадки, содержащие активные элементы Cl, P, S, O, порошки меди и свинца. Для определения наиболее эффективных модификаторов, способных снижать абразивный износ поверхностей, были проведены испытания смазки литол-24 с добавками присадок, абразива, смеси порошков MoS<sub>2</sub> и графита в соотношении 1х1, в концентрации 15%<sub>масс</sub>, композиции (15% MoS<sub>2</sub> + 3% присадки ТКФ).

Присутствие в смазке порошков MoS<sub>2</sub> и графита (в виде их смесей), а также их композиций с присадками, заметно повышает их способность снижать износ при скольжении в условиях абразивного изнашивания. Все остальные добавки оказываются мало эффективными.

Исследования на трибометре проводились на паре трения скольжения «сталь-сталь» с целью определения эффективности добавок для общего случая, так как в рассматриваемых узлах трения автомобиля контактные поверхности изготовлены из разных материалов: например, палец шкворня стальной, а втулки – бронзовые.

Это обстоятельство и определило требование к подбору добавок, способных снижать износ пар трения, изготовленных из материалов разной твердости и структуры. В

этой связи изучалась возможность использования известных добавок [6,7,8] к смазке Литол-24 в упомянутых узлах автомобиля КамАЗ. Оценка работоспособности выбранных композиций проводилась на трехшариковом трибометре, но вместо стального кольца использовалось бронзовое. В таблице 1. приведены результаты исследования двух пар трения: (сталь ШХ15 – сталь ШХ15), (сталь ШХ15 – бронза БрАЖ9-4). Видно, что при наличии абразива в смазке износ стали возрастает примерно в 6 раз.

Таблица 1 – Результаты испытаний пар трения на 3-х шариковом трибометре

Состав смазывающего материала	Износ пар трения, мкм		
	Сталь - сталь	Сталь - бронза	
		Износ стали	Износ бронзы
Литол-24	3,37	3,18	3,7
Литол-24 +5 % абразива	27,98	20,04	6,8
Литол-24 + 15 % (MoS <sub>2</sub> + графит) + 5% абразива	14,0	16,6	5,2
Литол-24 + 15% MoS <sub>2</sub> + 3% ТКФ + 5% абразива	13,61	15,3	3,7

Введение добавок в смазку способствует снижению износа стали, при этом закономерность в снижении износа сохраняется в обоих случаях. Добавка порошков графита и MoS<sub>2</sub> снижает абразивный износ стали на 20 %, а композиция MoS<sub>2</sub> с присадкой трикрезилфосфата на 30 %.

В паре «сталь-бронза» износ материалов в присутствии смазки Литол-24 примерно одинаков, а при наличии в ней абразива износ бронзы увеличивается в 1,8 раза, тогда

как износ стали превышает износ бронзы в 3,5 раза.

Присутствие добавок в смазке также способствует снижению износа бронзы: смесь порошков графита и MoS<sub>2</sub> снижает абразивный износ на 30 %, а MoS<sub>2</sub> с присадкой ТКФ до 80 %. В этом случае износ бронзы равен износу при использовании только смазки Литол-24. То есть присадки нейтрализуют действие абразива.

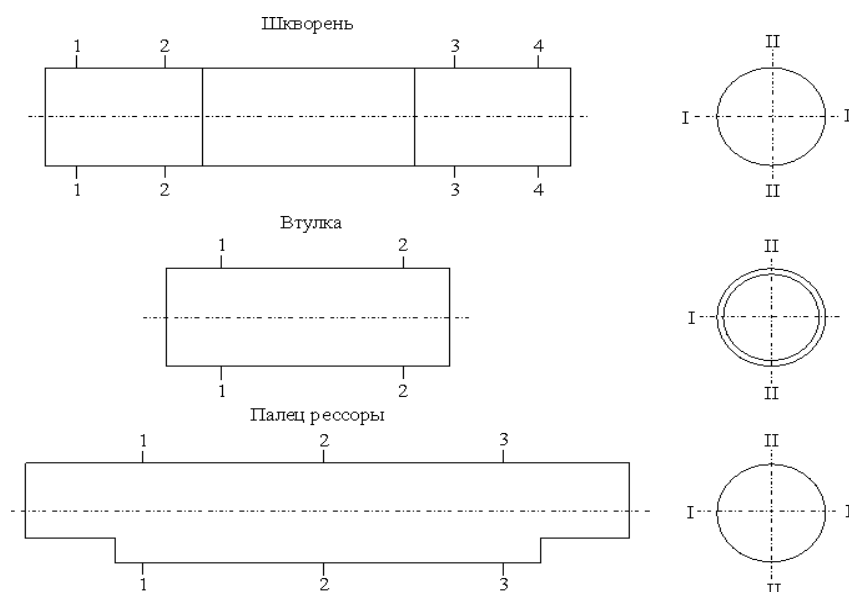


Рис. 1. Схема измерений при определении износа деталей «шкворень», «втулка», «палец»

Сопоставление результатов испытаний позволило выявить эффективность выбранных добавок в паре «сталь-бронза». После окончания испытаний была произведена разборка узлов трения, их дефектация и микрометраж. Результаты измерений представлены в таблицах 2, 3. Схема измерений представлена на рисунке 1.

Для проверки адекватности полученных результатов производились эксплуатационные испытания смазки Литол-24 с добавками композиций порошков графита, MoS<sub>2</sub> и соче-

таний MoS<sub>2</sub> с присадкой трикрезилфосфата (ТКФ) в узлах трения передней подвески рессор, шкворней поворотных кулаков автомобиля КамАЗ.

За время испытаний замечаний к работе узлов трения не имелось. Пробег автомобиля составил 45 000 км. При проведении испытаний заправка узлов трения смазкой Литол-24 проводилась через 5 000 км, а заправка узлов трения смазкой Литол-24 с добавкой (15% MoS<sub>2</sub> + 3% ТКФ) - через 10 000 км.

Таблица 2 – Результаты испытаний на износ пары «шкворень-втулка»

Размеры (диаметры) деталей исходные		Износ на смазке Литол-24, мм		Износ на смазке Литол-24 с (15% MoS <sub>2</sub> + 3% ТКФ), мм		
Сечения поперечные в направлении I-I						
	шкворень	втулка	шкворень	втулка	шкворень	втулка
1-1	44,98	45,05	0,02	0,08	0,01	0,03
2-2	44,98	45,04	0,03	0,09	0,02	0,06
3-3	44,98	45,04	0,03	0,08	0,01	0,06
4-4	44,98	45,05	0,04	0,08	0,01	0,05
Сечения поперечные в направлении II-II						
1-1	44,98	45,04	0,04	0,08	0,03	0,06
2-2	44,98	45,05	0,04	0,09	0,02	0,04
3-3	44,98	45,05	0,03	0,08	0,01	0,05
4-4	44,98	45,04	0,04	0,09	0,03	0,06

Таблица 3 – Результаты испытаний на износ пальца рессоры

Размеры (диаметры) пальца исходные		Износ на смазке Литол-24, мм		Износ на смазке Литол-24 с (15% MoS <sub>2</sub> + 3% ТКФ), мм	
Сечения поперечные в направлении I-I					
1-1	39,95	0,65		0,34	
2-2	39,94	0,54		0,36	
3-3	39,93	0,72		0,37	
Сечения поперечные в направлении II-II					
1-1	39,94	0,94		0,50	
2-2	39,93	0,95		0,35	
3-3	39,93	0,70		0,36	

**Заключение**

Анализ результатов испытаний показал, что использование смазки Литол-24 с присадкой (15% MoS<sub>2</sub> + 3 % ТКФ) снижает износ пальца рессоры, шкворня на (40-45) % по отношению к смазке без добавок. Износ бронзовых втулок снижается на (30-35) %. По предварительной оценке применение смазки Литол-24 с модификатором позволяет увеличить ресурс узлов трения, снизить затраты на проведение ТО, увеличить объем грузоперевозок.

Целесообразность применения модифицированной смазки Литол-24 подтверждена также результатами эксплуатационных испытаний узлов с подшипниками скольжения

строительной техники в условиях абразивного изнашивания [3].

**Библиографический список**

1. Технология автомобилестроения: учебник для вузов / Под ред. А.И. Дашенко. – М.: Академический Проект: Трикста, 2005. – 624 с.
2. Вайншток, В.В. Влияние состава пластичных смазок на их смазочные характеристики / В.В.Вайншток, Г.А. Голощапов / Нефтепереработка и нефтехимия. М.: ЦНИИТЭнефтехим – 1988. – № 11 – С. 14-16.
3. Мельник, С.В. Повышение ресурса подшипников скольжения опорных катков гусеничных экскаваторов путем улучшения качества смазочных материалов / С.В.Мельник, Г.А. Голощапов // Вест-

ник Сибирского отделения академии военных наук. – 2010. – № 2. – С. 52-57.

4. Огневой, В.Я. Машиностроительные материалы: учебное пособие / В.Я. Огневой. – Барнаул: АлтГТУ, 2002. – 343 с.

5. Голощапов, Г.А. Прибор для оценки противоизносных свойств смазочных материалов / Г.А. Голощапов // Омский научный вестник. – 2002. – Выпуск 20. – С.112 – 113.

6. Малеков, В. И. Влияние добавок на механическую стабильность литиевых смазок: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.17.07 / В. И. Малеков. – М.: 1991. – 24 с.

7. Галимов, Э. Материаловедение для транспортного машиностроения: учебник для вузов / Э. Галимов и др. – Лань, 2013. – 488 с.

8. Фукс, И. Г. Исследование и разработка пластичных смазок с присадками и наполнителями: дис... докт. техн. наук / И. Г. Фукс. – М.: 1979. – 356 с.

#### STUDYING DURABILITY OF UNITS' DETAILS OF RUNNING GEAR'S FRICTION OF KAMAZ AUTOMOBILES

V.V. Evstifeev, G.A. Goloshchapov, S.V. Melnik

**Abstract.** The article presents results of experimental (using developed method and a tribometr) and natural tests of lubrications' efficiency of various structures and decreasing wear's friction. The authors give an assessment of influence of additives to plastic lubrication on the basis of graphite's powders, disulfide of molybdenum and their compositions with additives (and an abrasive quantity) in the conditions of boundary friction at abrasive wear. The Litol-24 lubrication's efficiency is analyzed with modifiers in units of friction sliding of KamAZ automobiles. It is shown that the other additives are inefficient.

**Keywords:** units of friction and sliding, lubrication, modifiers – additives, boundary friction, method for assessing properties of lubricants.

#### References

1. *Tehnologija avtomobilestroenija: Uchebnik dlja vuzov.* Pod red. A.I. Dashhenko [Technology of automotive industry: The textbook for higher education institutions]. Moscow, Akademi-cheskij Proekt: Trikska, 2005. 624 p.

2. Vainshtok V.V., G.A. Goloshchapov *Vlijanie sostava plastich-nyh smazok na ih smazochnye harakteristiki* [Influence of composition of viscous lubrications on their lubricant characteristics]. *Neftepererabotka i neftehimija*, 1988, no 11. pp. 14-16.

3. Melnik S.V., Goloshchapov G.A. *Povyshenie resursa podship-nikov skol'zhenija opornyh katkov gusenichnyh jeks-kavatorov putem uluchshenija kachestva smazochnyh materialov* [Increasing re-

source of slide bearings of bearing rollers of tracked excavators by improving the quality of lubricants]. *Vestnik Sibirskogo otdelenija akademii voennyh nauk*, 2010, no 2. pp. 52-57.

4. Ognevoj V.Y. *Mashinostroitel'nye materialy: uchebnoe posobie* [Machine-building materials: manual]. Barnaul: AltGTU, 2002. 343 p.

5. Goloshhapov G.A. *Pribor dlja ocenki protivoiznosnyh svojstv smazochnyh materialov* [The device for assessing antiwear properties of lubricants]. *Omskij nauchnyj vestnik*, 2002, no 20. pp. 112 –113.

6. Malekov V. I. *Vlijanie dobavok na mehanicheskuju stabil'nost' litievych smazok.* avtoref. Dis. kand. tehn. nauk [Influence of additives on mechanical stability of lithium lubrications: cand. tech. science]. Moscow, 1991. 24 p.

7. Galimov E. *Materialovedenie dlja transportnogo mashinostroenija uchebnik dlja vuzov* [Materials science for transport mechanical engineering: textbook for higher education institutions]. Lan', 2013. 488 p.

8. Fuks I.G. *Issledovanie i razrabotka pla-stichnyh smazok s prisadkami i napolniteljami* Dis. dokt. tehn. nauk [Research and development of viscous lubrications with additives and fillers]. Moscow, 1979. 356 p.

*Евстифеев Владислав Викторович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «АКМТ» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).*

*Голощапов Георгий Алексеевич (Россия, г. Омск) – инженер ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).*

*Мельник Сергей Владимирович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).*

*Evstifeev Vladislav Viktorovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI). (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).*

*Goloshchapov Georgy Alekseevich (Russian Federation, Omsk) – engineer of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI). (644080, Omsk, Mira Ave., 5).*

*Melnik Sergey Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI). (644080, Omsk, Mira Ave., 5).*