

## **ПОВЫШЕНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЛАСТИЧНОЙ СМАЗКИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Дудан А. В., Вигерина Т. В.*

*Полоцкий государственный университет им. Евфросинии Полоцкой  
г. Новополоцк, Республика Беларусь*

Подвеска грузового автомобиля работает в сложных условиях, все ее элементы испытывают большие нагрузки (в единицы и десятки тонн), поэтому их срок службы ограничен. Довольно часто отказывают балансиры МАЗ, кронштейны, рессоры, реактивные штанги, а также разнообразные сальники, уплотнители и иные компоненты. Наиболее частой неисправностью является появление трещин и изломов кронштейнов, балансиров и изнашивание втулок балансира. Износ втулки является распространенной причиной отказа балансира. Скорость изнашивания увеличивается при движении. Увеличение пространства между втулкой и осью влияет на рычаг управления, который откидывается от оси и деформирует детали. Номинальный зазор составляет 0,12–0,30 мм. Изношенные втулки следует заменять при достижении зазора между втулкой и осью в 1 мм.

Ресурс узлов трения в значительной степени определяется работоспособностью смазочных материалов. Современное развитие техники связано с повышением скоростей и нагрузок в узлах трения, что требует разработки новых смазочных материалов, обладающих повышенной нагрузочной способностью и обеспечивающих более низкую интенсивность изнашивания. В настоящее время получают все большее распространение попытки направленного улучшения свойств пластичных смазок введением третьего компонента (добавки) в состав пластичной смазки. Введенные в состав смазки разнообразные твердые добавки даже в случае выдавливания смазочного материала из зоны трения остаются в ней, образуя разделяющий слой, снижающий степень металлического контакта поверхностей.

Трибомеханическое модифицирование представляет собой финишную операцию обработки поверхности, предназначенную для окончательного формирования структурно-фазового состояния рабочей поверхности. Оно рекомендуется для применения преимущественно в узлах трения-скольжения (подшипники скольжения, опоры, направляющие и т. д.), для тяжело нагруженных узлов трения, работающих в условиях высоких нагрузок и вибраций (карьерная техника, железнодорожный транспорт, строительно-дорожные машины, сельхозтехника, дробилки, грохоты), для повышения качества узлов и деталей, подверженных сильному износу (штоки, узлы трения, подшипники, передачи, поршни, цилиндры ДВС и др.) [1–3].

Комплексная литиевая дисперсная фаза по сравнению с простой литиевой дисперсной фазой при одинаковых дисперсионных средах придает смазке следующие улучшенные качества [3]:

- возрастание несущей способности граничного слоя смазки в 2–3 раза, что позволяет повысить нагрузочные характеристики узла трения;
- повышение температуры каплепадения на 20–40 %, что дает возможность повысить допустимую температуру применения узла и механизма в целом;

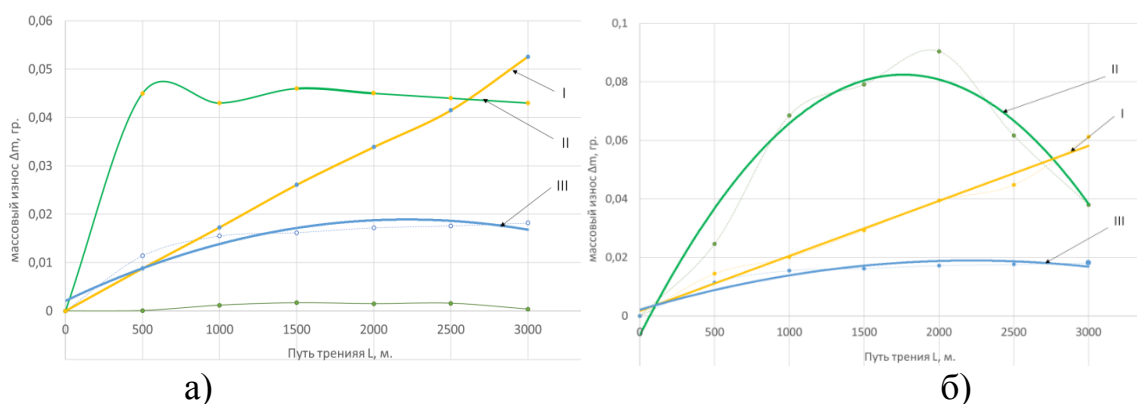
– увеличение механической стабильности в 1,5–2,0 раза, позволяющая ужесточать режимы работы узла без опасения разрушения и вытекания смазочного материала;

– общее повышение и переход на другой уровень всех остальных параметров смазки, приводящее к увеличению работоспособности смазочного материала, и как следствие, узла в целом.

Комплексная сульфат-кальциевая с добавками фторопласта и вязкостной присадкой за счет введения в состав мелкодисперсного фторопласта улучшает антифрикционные характеристики, повышает устойчивость в агрессивных средах (концентрированные кислоты и щелочи).

Целью данной работы являлось повышение триботехнических свойств пластичной смазки тяжело нагруженных узлов трения автомобилей за счет введения в литиевую и сульфат-кальциевую смазки приработочных добавок в виде пакета наноразмерных алмазов и фторопласта.

Результаты испытаний, приведенные на рисунке 1 (а, б), показали, что влияние модифицирующей добавки к смазке на процессы изнашивания зависит от давления. При относительно низком номинальном давлении 3 МПа износ образцов из бронзы БрО5Ц5С5 при трении в среде смазки модифицированной наноразмерными алмазами сопоставим с массовым износом образцов, испытываемых в смазке Литол-24 (рисунок 1а). Минимальным износом ( $\sim 2$  раза меньше) обладает образец, работающий в комплексной сульфат-кальциевой смазке с добавками фторопласта и вязкостной присадкой. С увеличением контактного давления до 6 МПа массовый износ для смазки с ультрадисперсной алмазографитовой шихтой (УДАГ) в 1,12 раз превышает износ Литол-24 и в 4 раза износ смазки с добавками фторопласта. Однако следует отметить, что при различных давлениях период приработки смазок с наночастицами завершается в интервале от 500 до 1500 м, тогда как приработка с использованием смазки Литол-24 достигает 5000 м. Повышение триботехнических свойств и снижение периода приработки при модифицировании пластичной смазки наноразмерными частицами может быть обусловлено как изменением физико-химических и реологических свойств смазочного материала (в частности повышением термостойкости и несущей способности масляной пленки), так и упрочнением поверхностных слоев пары трения за счет их интенсивного пластического деформирования в процессе трения со смазочным материалом, содержащим твердые частицы [4].

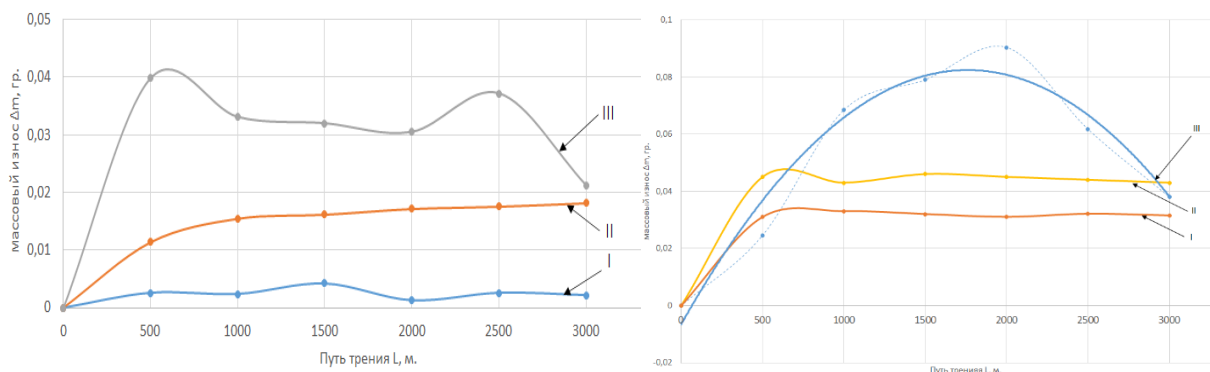


I – Литол-24; II- Комплексная литиевая смазка +1,0 мас. % ША-А;  
III – Комплексная сульфат-кальциевая с добавками фторопласта и вязкостной присадкой  
а) 3 МПа, б) 6 МПа

**Рисунок 1 – Зависимость массового износа от пути трения при удельной нагрузке**

В качестве причин противоизносного действия наноразмерных твердых частиц рассматривается упорядочение структуры смазочного материала под воздействием собственного заряда наноразмерных частиц. Причиной возникновения заряда является несовершенство их строения, появляющееся на стадии получения частиц, либо в процессе эксплуатации трибосопряжения (триборазрушения).

Увеличение номинальных давлений испытаний до 6 МПа приводит к увеличению массового износа образцов, работающих при одной и той же смазке (рисунки 2а, б).



*I – 1,5 МПа; II – 3 МПа; III – 6 МПа*

*а) комплексная литиевая смазка +1,0 мас. % ША-А и б) комплексная сульфат-кальциевая с добавками фторопласта и вязкостной присадкой*

**Рисунок 2 – Зависимость массового износа от давления**

Массовый износ при использовании комплексной сульфат-кальциевой смазки с добавками фторопласта и вязкостной присадкой на этапе приработки при увеличении удельной нагрузки с 1,5 до 6 МПа увеличился в 8 раз, а на этапе установившегося режима – в 5 раз. Испытания комплексной литиевой смазки +1,0 мас. % ША-А показали увеличения массового износа на первом этапе в 3 раза, на втором – в 2,5 раза.

Исследования влияния давления испытаний на режим приработки и триботехнические свойства фрикционной пары «бронза – сталь», проведенные при номинальном давлении испытаний равном 1,5; 3 и 6 МПа, показали, что максимальная износостойкость образцов на стадиях приработки и устоявшегося режима трения достигается при использовании комплексной сульфат-кальциевой смазки с добавками фторопласта и вязкостной присадкой. Одной из возможных причин указанного эффекта является формирование на поверхности бронзы разделительного слоя с повышенной нагрузочной способностью и расширенным диапазоном рабочих температур. Использование комплексной литиевой смазки с шихтой УДАГ сокращает период приработки на всех указанных режимах и эффективна при удельной нагрузке, не превышающей 3 МПа.

### **Заключение**

Показано, что повышение триботехнических свойств пластичной смазки может быть достигнуто введением в ее состав пакета нано- и микроразмерных добавок. Исследования подтвердили, что износостойкость пар трения увеличивается, а период приработки снижается при использовании комплексных сма-

зок. Получены графические зависимости влияния удельной нагрузки испытаний на триботехнические свойства пары трения «бронза – сталь», показывающее, что максимальная износостойкость образцов на стадиях приработки и устоявшегося режима трения достигается при использовании комплексной сульфат-кальциевая смазки с добавками фторопласта и вязкостной присадкой. Использование комплексной литиевой смазка с ультрадисперсной алмазографитовой шихтой сокращает период приработки на всех указанных режимах и эффективна при удельной нагрузке, не превышающей 3 МПа. Смазка Литол-24 обеспечивает износостойкость на уровне литиевой смазки с алмазографитовой шихтой, но при этом период приработки пары трения увеличивается до 3,5–4 раз.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Леонтьев, Л. Б. Системный анализ технологии формирования износостойких покрытий на поверхностях трения деталей / Л. Б. Леонтьев, А. Л. Леонтьев, В. Н. Макаров // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 12 (часть 4). – С. 729–734.

2. Модифицирование материалов покрытий наноразмерными алмазосодержащими добавками / П. А Витязь [и др.]. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 527 с.

3. Наноалмазы детонационного синтеза: получение и применение / П. А Витязь [и др.]; под общ. реакцией П. А Витязя. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 381 с.

4. Повышение износостойкости деталей тяжело нагруженных узлов трения автомобилей / А. В. Дудан [и др.] // *Вестник ПГУ. Серия В. Промышленность. Прикладные науки*. – 2022. – № 10. С. 25–30.

УДК 629.331.08(075.32)

#### ОПЫТ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРОВ ПО АВТОТРАНСПОРТНЫМ СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ

*Иванов В. П., Вигерина Т. В.*

*Полоцкий государственный университет им. Евфросинии Полоцкой  
г. Новополоцк, Республика Беларусь*

На учете в Республике Беларусь состоит около 4,5 млн автотранспортных средств, из которых 84 % принадлежат гражданам. Автомобильный транспорт страны выполняет свыше 55 % объемов внутренних грузовых перевозок с тенденцией увеличения этой доли, являясь главным перевозчиком в развивающихся секторах экономики Беларуси. Доля затрат, связанных с производством автомобилей, составляет лишь 2–5 % от затрат за весь жизненный цикл этих автомобилей. Требуемое качество и бесперебойность перевозочного процесса обуславливают важность проблемы подготовки высококвалифицированных специалистов автотранспортного профиля.

Техническая эксплуатация автомобилей (ТЭА) – стадия жизненного цикла, которая включает их хранение, техническое обслуживание (с диагностированием