

## СЕКЦИЯ 1

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ С ВОССТАНОВЛЕНИЕМ И УПРОЧНЕНИЕМ ДЕТАЛЕЙ

УДК 621.81

#### КОМПЛЕКСНАЯ СУЛЬФОНАТ КАЛЬЦИЕВАЯ СМАЗКА В УСЛОВИЯХ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ «СТАЛЬ – БРОНЗА»

*ДУДАН А. В., ИВАНОВ В. П., ВИГЕРИНА Т. В., СКОРОХОД С. А.*

*(Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой;  
г. Новополоцк, Республика Беларусь)*

*Рассматривалось влияние пластичной смазки с модифицирующими добавками на интенсивность изнашивания пары трения скольжения «сталь – бронза». Интенсивность изнашивания пары трения со смазкой Литол-24 в 4–5 раз выше, чем с предлагаемыми комплексными сульфонат кальциевыми смазками. Минимальный износ показывают образцы, работающий в комплексной сульфонат кальциевой смазке с добавками фторопласта с вязкостной присадкой и oilmol ksc wr-2.*

**Ключевые слова:** *пластичная смазка, интенсивность изнашивания, трение скольжения.*

Пластичные смазки являются одним из эксплуатационных материалов при техническом обслуживании автомобиля. Они обеспечивают работоспособность подвижных соединений машин и оборудования общего назначения, повышают их долговечность в сложных условиях эксплуатации [1]. В настоящее время все большее распространение получает развитие улучшения свойств пластичных смазок введением третьего компонента (добавки) в их состав. Введенные разнообразные твердые добавки даже в случае выдавливания смазочного материала из зоны трения частично остаются в ней и образуют разделяющий слой, снижающий площадь металлического контакта поверхностей [2–7].

Цель исследования – повышение износостойкости пары трения скольжения за счет введения модифицирующих добавок в комплексную сульфонат кальциевую смазку.

Триботехнические испытания проводили на универсальной машине трения MMW-1A вертикального типа с компьютерным управлением. Машина поддерживала в течение эксперимента постоянную нормальную силу на образец с отклонением  $\pm 2$  Н.

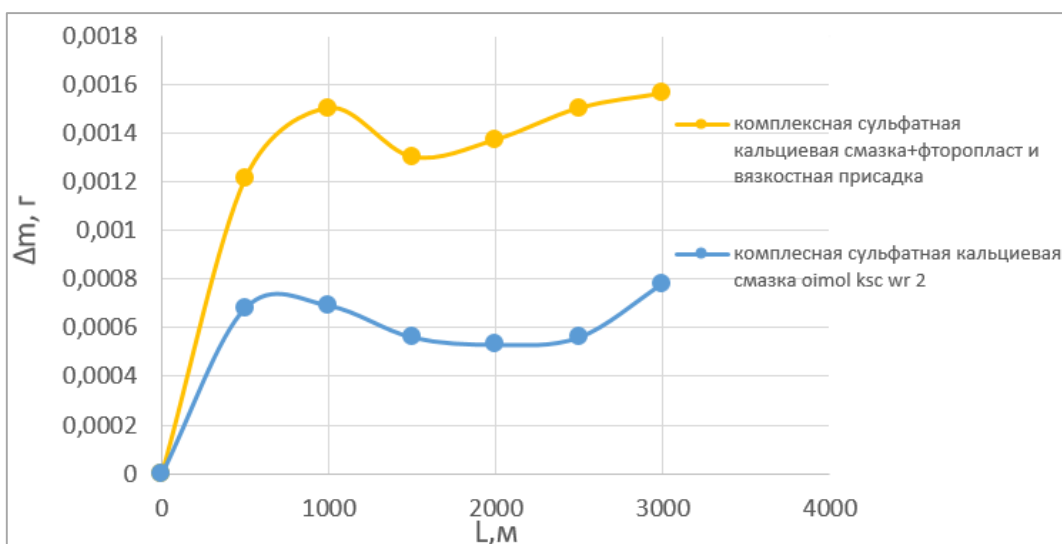
Исследуемые образцы, моделирующие детали и материалы балансирующей подвески транспортного средства, были изготовлены из бронзы БрО5Ц5С5 ГОСТ 613-79. Массовый износ образцов  $\Delta m$  (г) определяли на аналитических весах AS 60/220/C/2/N после прохождения каждых 500 м пути трения. Режимы трения при испытании образцов следующие: давление на поверхности контакта 3 и 6 МПа; скорость скольжения – 0,1 м/с; путь трения от 500 до 3000 м.

Для определения зависимости влияния нагрузочно-скоростных режимов трибозаимодействия была использована пластичная комплексная сульфонат кальциевая смазка с добавками фторопласта и вязкостной присадкой и комплексная сульфонат кальциевая смазка oimol ksc wr-2. В качестве базовой смазки была выбрана серийно выпускаемая пластичная смазка Литол-24 (ГОСТ 21150-87).

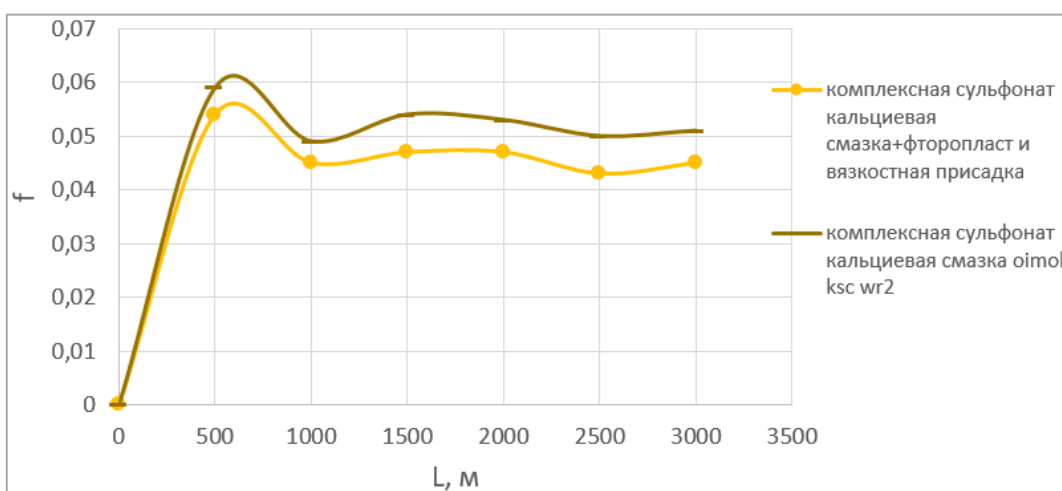
Комплексная сульфонат кальциевая смазка с добавками фторопласта и вязкостной присадки за счет введения в состав мелкодисперсного фторопласта обладает улучшенными антифрикционными характеристиками и повышенной устойчивостью в агрессивных средах (растворе концентрированной кислоты и щелочи). Смазка oimol ksc wr-2 получена на основе химически синтезированных наноразмерных частиц кристаллической модификации карбоната кальция (кальцита) и предназначена для смазывания высоконагруженных подшипников качения и скольжения машин и оборудования, работающих при низких и средних скоростях в отрезке температуры от  $-30$  до  $+200$  °С (кратковременно до  $+230$  °С) и смазывания соединений, работающих в условиях повышенной влажности (до 100 %).

Результаты испытаний, приведенные на рисунке 1, определили влияние модифицирующей добавки к смазке на процессы изнашивания в паре трения скольжения. При давлении на поверхности контакта 6 МПа, износ образцов из бронзы БрО5Ц5С5 при трении в комплексной сульфат кальциевой смазке с добавками фторопласта и вязкостной присадки на 40–47 % выше, чем при использовании комплексной сульфат кальциевой смазки и oimol ksc wr-2. Одной из возможных причин указанного эффекта является формирование на поверхности бронзы разделительного слоя с повышенной нагрузочной способностью, способствующего расширению рабочей температуры применения смазки.

Изменение коэффициента трения для различных видов смазки приведены на рисунке 2. Полученные результаты коррелируют с данными исследований интенсивности изнашивания. Минимальный коэффициент трения при давлении 6 МПа наблюдался при испытаниях в среде комплексной сульфат кальциевой смазки oimol ksc wr-2. Коэффициент трения при использовании комплексной сульфат кальциевой смазки с добавками фторопласта и вязкостной присадкой на 5–8 % выше. Полученные результаты позволяют рекомендовать к использованию при высоких контактных давлениях смазку oimol ksc wr-2.



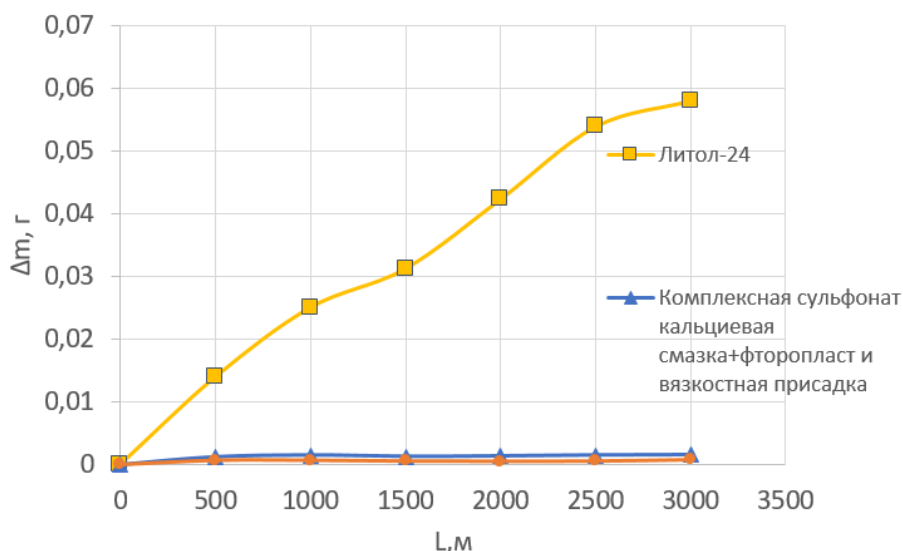
**Рисунок 1. – Зависимость массового износа образца  $\Delta m$  от пути трения  $L$  при давлении на поверхности контакта 6 МПа**



**Рисунок 2. – Зависимость коэффициента трения  $f$  от пути трения  $L$  при удельной нагрузке 6 МПа**

В тяжело нагруженных узлах трения в качестве смазки традиционно используют базовую серийно выпускаемую смазку Литол-24. На рисунке 3 показана интенсивность изнашивания образцов при использовании этой смазки и смазками комплексными сульфонат кальциевыми с добавками фторопласта и вязкостной присадкой и oimol ksc wr-2.

Интенсивность изнашивания в предлагаемых смазках в 4–5 раз ниже, чем при использовании серийно выпускаемой смазки Литол-24. Следует отметить, что период приработки смазок с модифицирующими добавками завершается в интервале от 500 до 1500 м, тогда как приработка с использованием смазки Литол-24 длится 5000 м.



**Рисунок 3. – Зависимость массового износа образца  $\Delta m$  от пути трения  $L$  при давлении 6 МПа**

Повышение триботехнических свойств и снижение периода приработки при модифицировании пластичной смазки 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 [5].

Улучшение свойств пластичных смазок может быть достигнуто введением в ее состав модифицирующих добавок. Исследования, смоделированные на основании условий работы тяжело нагруженных деталей балансирной подвески трехосных грузовых автомобилей МАЗ, подтвердили, увеличение износостойкости пар трения и снижение периода приработки при использовании комплексных литиевых и сульфонат кальциевых смазок. Интенсивность изнашивания пары трения со смазкой Литол-24 в 4–5 раз выше, чем с предлагаемыми комплексными сульфонат кальциевыми смазками.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алимова З.Х. Пути улучшения свойств смазочных материалов, применяемых в транспортных средствах / Ташкент: Vneshinvestprom. 2020. 125 с.
2. Крижевская Э.Т., Сентюрихина М.И., Бартко Р.В., Данилов А.М. Пластичные смазки, модифицированные графеном / Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2020. N 6. С. 62–63.
3. Антонов С. А., Бартко Р. В., Никульшин П. А. [и др.]. Современное состояние разработок в области пластичных смазок // Химия и технология топлив и масел. 2021. N 2. С. 50–56. DOI: 10.32935/0023-1169-2021-624-2-50-56.

4. Витязь П.А. [и др.] Наноалмазы детонационного синтеза: получение и применение / под общ. ред. П.А. Витязь. Минск: Беларус. навука. 2013. – 381 с.\
5. Жорник В.И., Ивахник А.В., Ивахник В.П., Запольский А.В. Структура и свойства комплексной сульфонат-кальциевой смазки // Механика машин, механизмов и материалов. 2018. N 1 (42). С. 44–50.
6. Жорник В.И., Ивахник А.В., Запольский А.В. Экологически безопасные смазочные материалы на основе смеси растительного и минерального масел // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2022. N 1 (42). С 99–11.
7. Дудан, А.В., Вигерина Т.В., Кравчук В.И., Пилипёнок И.И. Повышение износостойкости деталей тяжело нагруженных узлов трения автомобилей // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Полоцк: ПГУ. 2022. – N 10 (46). – С. 25–31.