

Определяемые с помощью измерительных каналов параметры передаются с помощью АЦП 5 на персональный компьютер 6. Обработка и сохранение оцифрованных значений измеряемых параметров производится с помощью специализированного программного обеспечения. Полученные данные могут быть сохранены в файле для дальнейшего анализа.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Крагельский, И. В. Основы расчета на трение и износ / И. В. Крагельский, М. Н. Добычин, В. С. Комбалов. – М. : Машиностроение, 1977. – 526 с.

2 Комков, О. Ю. Микротрибометр возвратно-поступательного типа, работающий в области малых нагрузок: конструктивные особенности и методика испытания образцов / О. Ю. Комков // Трение и износ. – 2003. – Т. 24. – № 6. – С. 642–648.

УДК 662.75/76:629.4.077–592.59

## ОЦЕНКА ПРОТИВОЗАДИРНЫХ СВОЙСТВ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

А. В. ЯНЧИЛИК, П. Н. БОГДАНОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Безопасность движения на железнодорожном транспорте определяется надежностью трибосопряжений, например, буксовых узлов, скользунов, пар пятник – подпятник, колесо – рельс (при движении по кривой). Основная роль в обеспечении их высокой долговечности принадлежит смазочному материалу (СМ), который не только снижает трение и интенсивность изнашивания, но и предотвращает возникновение задира и схватывание деталей [1]. Сравнительная оценка противозадирных свойств и определение эффективности новых СМ и присадок к ним сопряжены с необходимостью проведения ускоренных испытаний, позволяющих прогнозировать их поведение в конкретном узле трения. Для решения этих задач предлагается проводить испытания с применением методов электрофизического зондирования.

Исследовались пластичные смазочные материалы (ПСМ): литиевый (литол-24 ГОСТ 21150-87) производства РФ, комплексный литиевый (ИТМОЛ 150Н), литий-кальциевый (ИТМОЛ КБС-2), литий-кальциевый (ИТМОЛ КБС-2) с бентонитом – все производства РБ, а также комплексный сульфат-кальциевый СМ LGHD 2 (Голландия). Испытания проводились на машине трения СМТ-1, при скольжении применялась схема "ролик – частичный вкладыш"; при качении – подшипники 6202-2RS d16 С3 (США). Момент трения регистрировался электромагнитным датчиком, а средняя объемная температура – термопарой, установленной во вкладыше на расстоянии около 2 мм от поверхности трения. Толщина смазочного слоя определялась с помощью устройства, принцип действия которого основан на использовании 4-проводной электрической схемы (рисунок 1) [2]. Исследуемый ПСМ перед началом испытания наносился тонким слоем на поверхности вкладыша 4 (1-й токоъемник) и ролика 8 (подшипника качения), установленного на валу 1, заземленном при помощи медно-графитовой щетки 3 (2-й токоъемник).

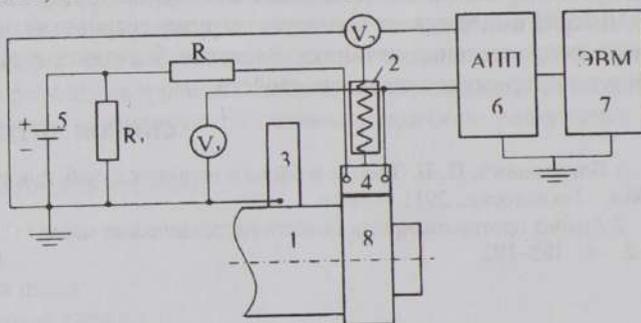


Рисунок 1 – Блок-схема устройства

Нагрузка  $P$  задавалась узлом 2 ступенчато с интервалом ~5 мин и шагом 100 Н до критического значения, при котором наступал задр. Толщина смазочного слоя в зоне трения определялась по контактному сопротивлению  $R_c$  между трущимися поверхностями. Последнее рассчитывалось по падению напряжения на контакте, которое регистрировалось вольтметром. После обработки на АЦП 6 данные измерения момента трения, температуры и падения напряжения записывались на ЭВМ 7.

Показано, что метод электрофизического зондирования позволяет изучать кинетику формирования и разрушения смазочных слоев и оценивать противозадирную стойкость ПСМ. Установлено, что при скольжении коэффициент трения  $f$  для всех ПСМ с ростом нагрузки снижается вплоть до момента потери работоспособности узла трения (рисунок 2, а). Самую низкую нагрузку ( $P_c = 400 \dots 500$  Н) до образования на поверхностях трения задира и наступления схватывания сопрягаемых тел выдерживают СМ на литиевой основе (литиевый и комплексный литиевый). Далее следуют ПСМ на кальциевой основе ( $P_c = 800 \dots 900$  Н), а лучшими противозадирными свойствами ( $P_c = 1300$  Н) обладает ПСМ на сульфат-кальциевом загустителе LGHD 2.

С увеличением  $P$  контактное сопротивление  $R_c$  вначале возрастает, что связано с ростом температуры и более интенсивной адсорбцией молекул СМ на поверхностях трения (рисунок 2, б). Последующее снижение  $R_c$  и толщины смазочного слоя обусловлено его локальным разрушением. Наиболее устойчивый к разрушению смазочный слой образует LGHD 2 (кривая 3), сопротивление которого значительно выше, чем у других смазочных материалов.

При трении качения в отличие от ожидаемого роста коэффициента сопротивления качению  $f_c$ , выявлено его заметное снижение с увеличением  $P$  до  $\sim 600$  Н. В дальнейшем  $f_c$  стабилизируется, а при  $P > 1800$  Н –  $f_c$  возрастает. Это связано в основном с действием 2 конкурирующих факторов: с одной стороны – с ростом температуры, вызывающей хемосорбцию молекул присадок, образующих прочную смазочную пленку на поверхностях трения, а с другой – с повышением всех составляющих  $f_c$  и увеличением вероятности разрушения граничных слоев. Самый высокий  $f_c$  ( $\sim 0,05$ ) достигается при введении в зону трения ПСМ литол-24, а самый низкий (0,02) – LGHD 2, что согласуется с результатами исследований трения скольжения.

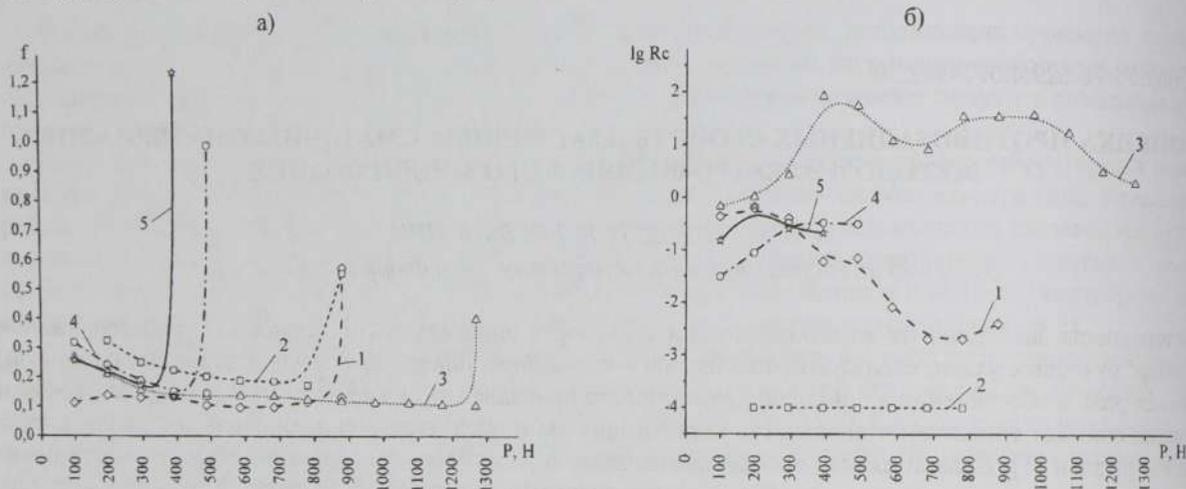


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента трения скольжения (а) и контактного сопротивления (б) от нагрузки: 1 – ИТМОЛ КВС-2; 2 – ИТМОЛ КВС-2 с бентонитом; 3 – LGHD 2; 4 – ИТМОЛ 150Н; 5 – литол-24

Таким образом, при обоих видах трения наилучшими противозадирными и антифрикционными свойствами обладает комплексный сульфонат-кальциевый ПСМ LGHD 2. При трении скольжения кальциевые ПСМ выдерживают почти в 2 раза более высокую нагрузку сваривания, чем литиевые. Смазочный материал ИТМОЛ 150Н выдерживает большую нагрузку сваривания, чем литол-24, и обеспечивает более низкий коэффициент сопротивления качению. Введение бентонита в литий-кальциевые ПСМ не приводит к улучшению противозадирных и смазочных свойств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Богданович, П. Н. Трение и износ в машинах : учеб. для вузов / П. Н. Богданович, В. Я. Прушак, С. П. Богданович. – Мн. : Технология., 2011. – 528 с.
- 2 Анализ противозадирных свойств гидравлических масел / С. В. Короткевич [и др.] // Трение и износ. – 2012. – Т. 33. – № 2. – С. 185–192.