

## ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАНОРАЗМЕРНОГО КОМПОНЕНТА СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА НА СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ

*А. В. ДУДАН, А. А. ГУЩА, Э. В. КОЛЕСОВ*  
*Полоцкий государственный университет, Беларусь*

*Представлена оценка возможности применения наноразмерных алмазосодержащих добавок в паре трения с целью улучшения эксплуатационных свойств поверхностей трения трибомодифицированием.*

Сложность решения проблемы обеспечения заданной долговечности трибосопряжения заключается в необходимости учета взаимозависимых параметров комплекса «технология – трибоузел – эксплуатация» [1]. Высокие показатели износостойкости поверхностей трения обеспечиваются за счет применения современных смазочных материалов, однако во многих случаях этого недостаточно [2].

Для улучшения эксплуатационных свойств поверхности трения необходимо дальнейшее повышение износостойкости сопряженных поверхностей. Одним из перспективных направлений является трибомодифицирование наноразмерными алмазосодержащими добавками [3].

Проводилась работа по оценке возможности применения наноразмерных алмазосодержащих добавок в паре трения сталь ШХ-15 – сталь ШХ-15.

Исследования влияния концентрации наноразмерного компонента смазочного материала на свойства поверхности трения проводились по схеме трения «палец-диск». Индентор изготовлен из стали ШХ-15 в форме стержня Ø 6 x 15 мм, материал находился в отожженном состоянии (режим термообработки: закалка – отжиг при температуре 700–720 °С; твердость образцов 25–27 HRC). В качестве контртела выбран диск Ø 70 x 6 мм из закаленной стали ШХ-15 (твердость 57–61 HRC).

Исходя из цели и объекта исследования в качестве смазочных материалов композиций для реализации трибомеханического взаимодействия поверхностей трения использовали смазки:

- базовое масло И20 (тип – минеральное, ГОСТ: 20799-88, индустриального типа, вязкость кинематическая при 40°С – 29–35 мм<sup>2</sup>/с вязкость по ГОСТу – 32 класс);
- масло И20 с добавлением наноразмерных алмазосодержащих добавок от 0,045% НА – 0,9% НА.

Триботехнические испытания проводились на универсальной машине трения MODEL: MMW – 1A вертикального типа с компьютерным управлением.

При исследованиях был выбран следующий режим трения с удельной нагрузкой  $P = 1 \text{ МПа}$ , скоростью скольжения  $V = 1 \text{ м/с}$ ; относительная погрешность измерения силы трения не превышала  $\pm 2\%$  при жидкостном режиме смазывания.

Рабочая поверхность исследуемых образцов перед испытаниями подвергалась шлифовке на абразивной бумаге с зернистостью М40. Поверхность стального контртела шлифовалась с последующей полировкой на шлифовальном станке до шероховатости Ra 2,5. Перед испытаниями рабочие поверхности контактирующих тел обезжиривались ацетоном, спиртом и просушивались.

В процессе испытаний фиксировалось значение величин силы трения и коэффициент трения с частотой один раз в 1 с. Полученные величины аккумулировались в файле оперативных данных вычислительного устройства. Затем данные сводились в графический файл и после аппроксимации подвергались анализу.

Анализ приведенных данных показывает, что в случае использования базового масла И20 и масла И20 с концентрацией наноразмерных алмазосодержащих добавок в пределах 0,045–0,18 мас.% после пути трения  $L = 1500\text{--}2000 \text{ м}$  наступает стабилизация коэффициента трения. Это может говорить о том, что исходное базовое масло И20 имеет высокое качество. При использовании масла И20 с концентрацией наноразмерных алмазосодержащих добавок  $>0,018 \text{ мас.}\%$  продолжительность процесса приработки рабочей поверхности чрезвычайно велика, о чем можно судить по тому, что стабилизация коэффициента трения не наступает даже после пути трения  $L = 3000 \text{ м}$ . Наименьший коэффициент трения в результате исследований был получен при использовании масла И20 с концентрацией наноразмерных алмазосодержащих добавок в пределах 0,36–0,45 мас.%. Дальнейшее увеличение концентрации наноразмерных алмазосодержащих добавок не приводит к снижению коэффициента трения. Это, вероятно, связано с ухудшением подтекания смазочного состава в зону трибоконтакта и нарушением условий смазывания пары трения за счет повышенной вязкости смазочной композиции при таком содержании в ней модификатора. Наряду с этим повышенное содержание наноразмерных добавок в смазочной композиции приводит к существенному увеличению стоимости последней.

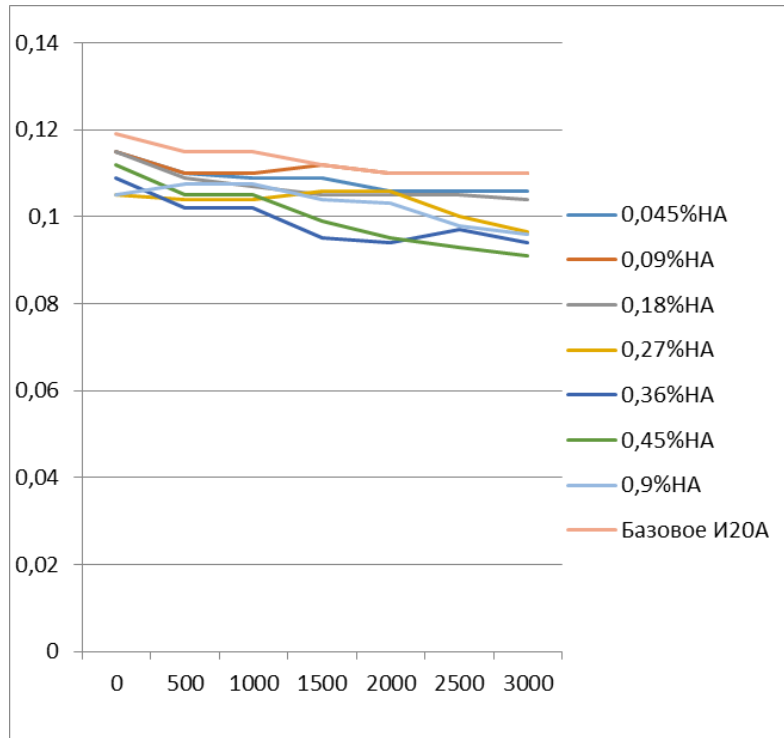


Рис. Зависимости изменения коэффициентов трения от пути трения для базового масла И20 и масло И20 с добавлением наноразмерных алмазосодержащих добавок от 0,045% НА – 0,9%НА

Таким образом, концентрация наноразмерных алмазосодержащих добавок 0,36-0,45 мас.% является оптимальной для данной пары трения и установленных режимов трения и приводит к уменьшению коэффициента трения на 5-7 %. В случае увеличения концентрации дальнейшего снижения коэффициента трения не наблюдается.

#### ЛИТЕРАТУРА

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 (ч. 4). – С. 729–734.
2. Болденко, А.А. Улучшение триботехнических характеристик подвижных сопряжений в моторных маслах [Электронный ресурс] / А.А. Болденко, В.Г. Лаптева, В.Ф. Пичугин // *Проблемы машиностроения и надежности машин*. – 2009. – № 4. – Режим доступа : <http://naukarus.com>. – Дата доступа: 20.01.2018.
3. Pešić, R. Methods of Tribological Improves and Testing of Piston Engines, Compressors and Pumps [Электронный ресурс] / R. Pešić, A. Davinić, S. Veinović // *Tribology in industry*. – 2005. – Vol. 27, No. 1&2. — Режим доступа: <http://www.tribology.fink.rs>. – Дата доступа: 20.01.2018.