

УДК 621.2.082.18

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОСТОЙКОСТИ ПРОТИВОИЗНОСНЫХ ПРИСАДОК НА ОСНОВЕ БАЗОВОГО МАСЛА С ДОБАВЛЕНИЕМ НАНОЧАСТИЦ

*Зульфия Сулпановна Рахмангулова, Ирина Александровна Сентяева*

*Студентки 3 курса,  
кафедра «Технологии обработки материалов»,  
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.В. Бодарева,  
преподаватель кафедры «Технологии обработки материалов»,  
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

Развитие техники и, в частности, машиностроения, придает проблеме уменьшения изнашивания узлов деталей машин огромную значимость с точки зрения экономии материальных ресурсов. Ряд конструкторов, технологов, эксплуатационников принимает участие в решении проблем уменьшения износа пар трения. Ввиду большого количества противоизносных композиций, потребитель зачастую не знает, каким именно композициям отдать предпочтение.

Данная работа направлена на экспериментальное исследование термостойкости. В работе сделана попытка дать сравнительную оценку противоизносных присадок на основе наночастиц. Основным критерием сравнения противоизносных композиций является термостойкость, так как тепловые явления и напряжения влияют на трение и износ. Также изнашиванию узлов трения способствуют процессы образования водорода и его внедрения в зону контакта. Для безаварийной работы узла трения необходимо обеспечить высокое качество поверхностей в трибосопряжениях.

С целью определения эффективности присадки при использовании в моторном масле, необходимо установить влияние ее концентрации на интенсивность изнашивания, коэффициент трения и температуру трибосопряжений как основных триботехнических характеристик. Основной задачей данной работы является выбор наиболее оптимальной противоизносной композиции на основе наночастиц по критерию термостойкости и износостойкости смазочных материалов для узлов ДВС.

Смазывание поверхностей трения деталей машин необходимо для уменьшения сил трения, интенсивности изнашивания и нагрева деталей, а также для защиты поверхностей от коррозии во время простоя машины. Кроме того, смазочный материал оказывает демпфирующее и охлаждающее действие. Поток смазочного материала отводится как теплота, возникающая при трении, так и теплота от нагретых деталей машины. Также потоком масла из зоны трения выносятся продукты изнашивания. Для улучшения эксплуатационных свойств минеральных масел применяют специальные добавки к ним, называемые присадками. Присадки к маслам должны быть хорошо растворимыми и не выпадать в виде осадка, а также не задерживаться в фильтрах смазочной системы и не оседать на поверхностях трения.

В связи с ужесточением условий эксплуатации машин и механизмов, большими тепловыми и фрикционными нагрузками, традиционно применяемые органические присадки не могут удовлетворить требования, предъявляемые к смазочным материалам. Для решения этой проблемы необходимо развивать принципиально новое направление в разработке смазочных материалов, основанное на научном открытии эффекта безызносности в узлах трения «металлоплакирующих» смазочных материалов. При трении в режиме безызносности материал одной детали отделен от материала сопряженной детали металлическим (медным) слоем - сервовитной пленкой.

Формирование этой пленки в результате самоорганизации наночастиц на стальных поверхностях контактирующих деталей машин в процессе трения происходит из ионов меди, которые, подходя к ювенильной поверхности трения, захватывают электроны от стальной поверхности и превращаются в атомы, которые активно образуют кристаллическую решетку меди толщиной 1...2 мкм.

Для сравнения составляем несколько композиций, для составления которых используем:

1. В качестве рабочего материала - масло ТНК Magnum 15W-40.

ТНК Magnum Mineral изготавливается на основе гидроочищенных минеральных базовых масел с использованием патентованных импортных технологий и компонентов.



Рис.1. Масло ТНК-Magnum 15W-40

2. Фиксатор состояния сопряжений ДВС «Сурм-Фиксатор» (производствoфирма «Ревитал»).

«СУРМ-ФС» применяется в двигателях внутреннего сгорания грузовых и легковых автомобилей, локомотивов, речного и морского флота, тракторов, в металлообрабатывающей промышленности (протяжка, штамповка, обработка резанием, хонингование и др.); горнорудном оборудовании, машиностроении и др.



Рис. 2. «СУРМ-Фиксатор»

Принцип действия данной присадки заключается в том, что композит, используя энергию трения в сопряжениях, образует в зонах максимальных нагрузок восстанавливающие, антифрикционные, высокопрочные, армированные покрытия.

3. **Металлоплакирующий смазочная композиция - присадка «Валена»**

«Валена» - маслорастворимая многофункциональная металлоплакирующая присадка применяется в узлах трения горнодобывающего и перерабатывающего оборудования, а также в тяжело нагруженных узлах трения в машиностроении. Этот металлоплакирующий СМ позволяет повысить долговечность узлов трения, снизить потери на трение и тем самым повысить КПД машин и оборудования, уменьшить расход смазочных материалов и увеличить период между смазочными работами.

Табл. 1. Состав исследуемых композиций

№ п/п	Композиция	Базовое масло		Присадки	
1.	Масло ТНК Magnum SAE 10W-40	ТНК Magnum 15W-40	50 мл	отсутствуют	
2.	Масло ТНК Magnum 15W-40+ Сурм- Фиксатор 2,5%	ТНК Magnum 15W-40	50 мл	Сурм-Фиксатор	1,25 мл
3.	Масло ТНК Magnum 15W-40+ Сурм- Фиксатор 2,5%+ «Валена» 0,5%	ТНК Magnum 15W-40	50 мл	Сурм-Фиксатор «Валена»	1,25 мл 0,25 мл
4.	Масло ТНК Magnum 15W-40+ Сурм- Фиксатор 2,5%+ «Валена» 1,25%	ТНК Magnum 15W-40	50 мл	Сурм-Фиксатор «Валена»	1,25 мл 0,625 мл

5.	Масло ТНК Magnum 15W-40+ Сурм- Фиксатор 2,5%+ «Валена» 2,5%	ТНК Magnum 15W-40	50 мл	Сурм-Фиксатор «Валена»	1,25 мл 1,25 мл
----	---	-------------------	-------	------------------------	--------------------

В ходе экспериментов оценивалось масло ТНК Magnum 15W-40 в сочетании с определенным количеством наноприсадки «СУРМ-Фиксатор» и изменяющимся параметром концентрации металлоплакирующей присадки «Валена». Испытания проводились с целью определить наиболее подходящую концентрацию добавок для рассматриваемого узла ДВС, а также их свойства и влияние на трибосопряжение.

Лабораторные триботехнические испытания композиций проводились на машине трения МТ-10, при работе на которой моделировались условия, близкие к условиям катастрофического износа рассматриваемого узла ДВС.

Табл. 2. Параметры работы машины трения

Параметр	Значение
Время приработки, мин	1
Нагрузка при приработке, Н	279
Время испытаний под рабочей нагрузкой, мин	20
Рабочая нагрузка, Н	594
Температура окружающей среды, °С	23
Частота вращения ролика, об/мин	500

Принцип действия машины трения: электродвигатель передает крутящий момент на ременную передачу. К центру большего шкива присоединен вал, на котором расположен ролик. Машина трения нагружается через рычаг грузом, что позволяет обеспечить начальный контакт образца, надежно закрепленного в держателе, с роликом.

Машина трения устанавливается в рабочее положение, грузы закреплены на подвесе через систему рычагов, с тем, чтобы первоначальный контакт был оптимальным.

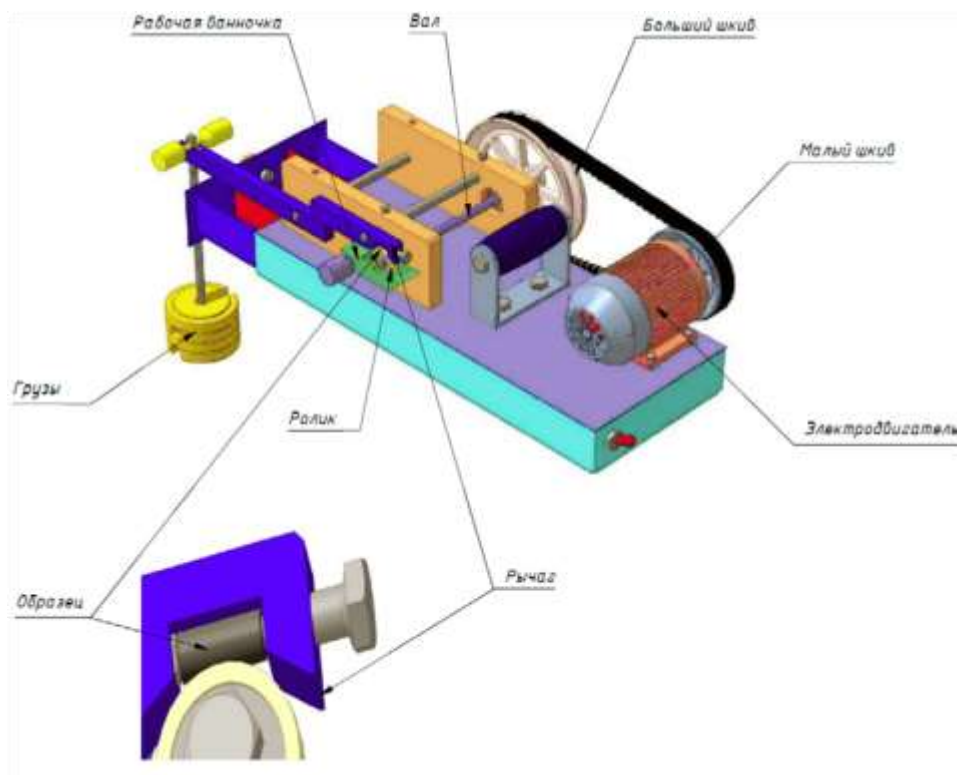


Рис. 3. Схема машины трения

При приработке (1 минута) система работает с 2 грузами, после чего количество грузов увеличивается до 4. Вес каждого груза - 148,5 Н.

Измерения температуры проводятся последовательно: после приработки, а затем каждые 2 минуты. Измерения производятся с помощью термопары (хромель-копель), установленной таким образом, чтобы один конец проводника находился все время эксперимента в композиции под роликом, но не касался бы его.

В качестве образцов пары трения были выбраны: ролик из стали У8А (HRC 5862), роликподшипники 8x20DIV по ГОСТ 22696-77 из стали ШХ15.

Суть эксперимента заключается в оценке пятна контакта материала при контакте с роликом машины трения. Для этого используется следующая формула

$$S_{\text{нк}} = \pi \cdot \frac{A}{2} \cdot \frac{B}{2},$$

где  $S_{\text{нк}}$ -площадь пятна контакта, А и В - большая и малая полуоси пятна контакта

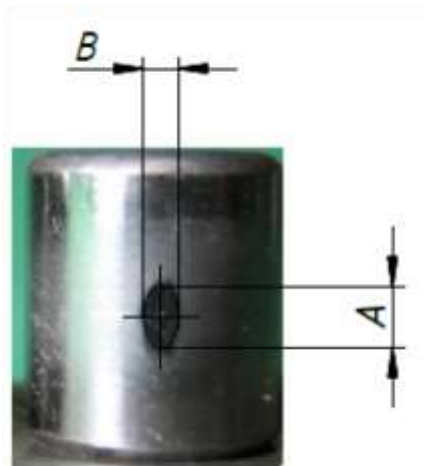


Рис. 4. Пятно контакта

Образовавшаяся в ходе опытов нанопленка способствует предохранению поверхностного слоя металла от катастрофического разрушения, уменьшает размеры износа.

Результаты экспериментов сведем в табл. 3.

Табл. 3. Результаты экспериментов

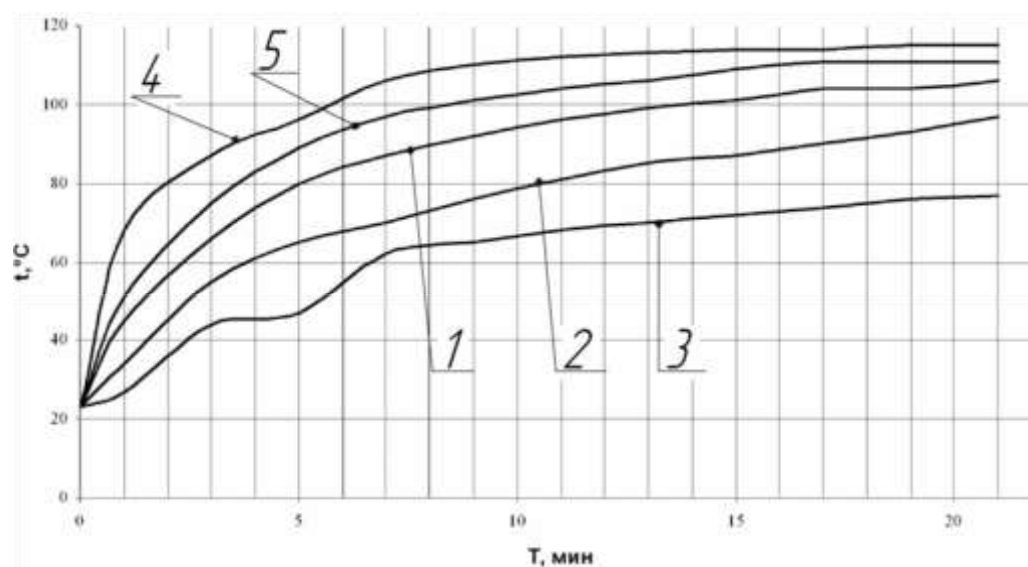
Материал	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>	T <sub>11</sub>	A\B, мм	S <sub>пк</sub> , мм <sup>2</sup>
Масло ТНК Magnum 15W-40	23	45	66	80	87	92	96	99	101	104	104	106	A=5 B=2,5	9,8125
Масло ТНК Magnum 15W-40+ Сурм- Фиксатор 2,5%	23	34	55	65	70	76	81	85	87	90	93	97	A=2,13 B=1,1	1,839255
Масло ТНК Magnum 15W-40+ Сурм- Фиксатор 2,5%+ «Валена» 0,5%	23	27	44	47	62	65	68	70	72	74	76	77	A=2,53 B=1,7	3,376285

Масло ТНК Magnum 15W-40+ Сурм- Фиксатор 2,5%+ «Валена» 1,25%	23	51	75	89	97	101	104	106	109	111	111	111	A=6,76 B=3,27	17,35252
Масло ТНК Magnum 15W-40+ Сурм- Фиксатор 2,5%+ «Валена» 2,5%	23	68	87	96	106	110	112	113	114	114	115	115	A=6,48 B=3,1	15,76908

**T<sub>0</sub>**-начальная температура

**T<sub>1</sub>**-температура после приработки (1 минута)

**T<sub>2</sub>...T<sub>11</sub>**-температура, измеряемая каждые 2 минуты (с 3 по 21 минуту)



**Рис. 5. Зависимость рабочих температур от времени**

В процессе проведения экспериментов с помощью термопары замерялась температура в цикле исследования каждой композиции (в среднем - 21 минута). Измерения проводились каждые две минуты с тем, чтобы проследить динамику изменения температуры и характер износа в результате нагрева.

Полученные сведения по температуре (рис. 5) позволяют сделать вывод о температурной стойкости каждой композиции, что особенно важно, поскольку этот параметр влияет не только на износостойкость, но и на ресурс работы узла трения.



По результатам экспериментов можно сделать вывод о том, что составные частицы металлоплакирующей присадки «Валена» совместно с наночастицами присадки «СУРМ-Фиксатор» дали худший результат по сравнению с использованием только наноконпозиции. Тем самым можно заключить, что совместное использование 2 мер защиты от износа нерационально, так как имеет место перекрытие свойств.

Дальнейшие исследования будут направлены на изучения совместимости наночастиц с элементами меди, содержащимися в присадке «Валена».

#### Рекомендации

1. Не следует использовать одновременно присадки «Валена» и нанозатирки типа СУРМ;
2. Повышение концентрации нанозатирки нецелесообразно с точки зрения экономической эффективности и эксплуатационных характеристик.

#### Выводы

1. Наибольшая термостойкость определена для композиции базового масла ТНК Magnum SAE 15W-40 с добавлением СУРМ-Фиксатора (2,5%) и маслорастворимой металлосодержащей присадки на медной основе «Валена» (0,5%);
2. Максимальная износостойкость пары трения «поршень-цилиндр» достигается с введением в базовое масло 2,5% СУРМ-Фиксатора без присадки;
3. Выявлена оптимальная концентрация нано-присадки, она составляет 2,5%;
4. При концентрации металлосодержащей маслорастворимой присадки на медной основе «Валена», превышающей 0,5%, не обнаружено эффекта снижения интенсивности изнашивания контактирующих поверхностей.
5. Для пары трения поршень-цилиндр наиболее оптимальной является композиция №2 (Масло ТНК Magnum 15W-40+ Сурм - Фиксатор 2,5%).

#### Литература

1. *Гаркунов Д.Н., Мельников Э.Л., Гаврилюк В.С.* - Триботехника. Краткий курс. -М.:2008.-308 с., ил.143.
2. *Потапов Г.К., Балабанов В.И., Быстров В.Н., Антонов В.Н.* - Обоснование концентрации металлоорганических присадок к моторным маслам. Международный научно-технический журнал. Эффект безыноса и триботехнологии.:1997.-87 с.