

## СМАЗОЧНЫЕ СОСТАВЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ УГЛЕРОДНЫХ НАНОЧАСТИЦ

Кабиров Я.Ш., Майер О.А., Симонова К.А.

Научный руководитель д-р физ.-мат. наук, проф. Лямкин А.И.

*Физико-математическая школа при  
Сибирском федеральном университете*

**Цель работы:** сравнение коэффициентов трения скольжения пары сталь-алюминий без смазки, со смазывающим минеральным маслом И-20 и с использованием многофункциональной присадки УДАВ-СибМА на основе масла И-20 с добавкой алмазографитового нанопорошка детонационного синтеза.

Одной из наиболее распространенных причин отказов механизмов является износ (последствие изнашивания) деталей машин. Изнашивание является сложным физико-химическим процессом, зависящим от многих факторов: материала и качества трущихся поверхностей, скорости их взаимного перемещения, нагрузки, вида трения, смазывания, смазочных материалов. Различают следующие виды трения: покоя, движения, скольжения, качения, без смазочного материала и со смазочным материалом, вводимом на поверхность трения для уменьшения силы трения и (или) интенсивности изнашивания.

Трение без смазочного материала происходит между двумя телами при отсутствии на поверхностях трения введенного смазочного материала любого вида. Твердые тела при этом взаимодействуют непосредственно. Такое трение сопровождается пластическими деформациями и даже временным прочным сцеплением отдельных точек контактирующих поверхностей, что вызывает их интенсивное разрушение.

Трение со смазочным материалом происходит между двумя телами, поверхности трения которых покрыты введенным смазочным материалом любого вида.

Различают следующие виды смазки: в зависимости от физического состояния смазочного материала — газовую, жидкостную и твердую; в зависимости от разделения поверхностей трения смазочным материалом — гидродинамическую (газодинамическую), гидростатическую (газостатическую), эласто-гидродинамическую, граничную и полужидкостную (смешанную).

В данной работе применена жидкостная смазка с добавкой твердых наночастиц углерода в форме графита и алмаза со средним размером 4 нм, которые образуются в экстремальных условиях детонации взрывчатых веществ. Поскольку одной из проблем получения смазок является перемешивание, то использовался концентрат такой смазки, обработанной ультразвуком, который применяется в высокоэффективной многофункциональной присадке УДАВ-СибМА к моторным маслам карбюраторных двигателей всех типов, совместимой со всеми отечественными и импортными маслами. Присадка рекомендована для всех режимов обкатки, приработки и эксплуатации новых, изношенных и отремонтированных двигателей. Время обкатки двигателей внутреннего сгорания при использовании сокращается с 60 до 5.5 часов. Наличие графита значительно улучшает антифрикционные, противоизносные и противозадирные свойства масел. Малые частицы алмазов сглаживают особенно в начале эксплуатации микровыступы сопрягаемых рабочих поверхностей, увеличивая площадь контакта, вместе с графитом заполняют впадины и микротрещины, шаржируют и упрочняют рабочие поверхности деталей. Поверхностно-активные вещества, образующие оболочку вокруг каждой частицы, увеличивают прочность масляной пленки. Совокупное действие присадки в масле обеспечивает условия скольжения, не достижимыми другими известными методами. К тому же данный состав – экологически чистый продукт.

Представляет практический интерес определение численного значения коэффициента трения скольжения. В качестве модельной пары были взяты алюминий и сталь,

часто встречающиеся в технике. В концентрате УДАВ-СИБМА алмазграфитового нанопорошка детонационного синтеза содержится около 4% по массе.

Для проведения экспериментов была адаптирована учебная лабораторная установка (рис.). Груз тянул исследуемый стальной образец по плоскости из алюминия с контролируемым наклоном. Плоскость и образец не подвергались предварительной полировке и имели шероховатую поверхность. Определялось время прохождения образца стандартной длины по закону равноускоренного движения. Точность измерения временного промежутка 0.01с. Каждый опыт проводился пять раз. Коэффициент трения скольжения определялся по формуле:

$$\mu = \operatorname{tg} \alpha - \frac{2S}{gt^2} + \frac{m_1}{m \cos \alpha}$$

где  $\alpha$  - угол наклона плоскости,  $S$  – длина пути 0.47 м,  $t$  – время,  $m$  – масса образца,  $m_1$  – масса груза 24 г,  $g$  – ускорение свободного падения.



Результаты опытов приведены в табл.

Таблица

Масса Образца, г	Угол, град	Состав смазки	Пара металлов	Время, t	Коэф. трения скольжения, $\mu$
24	0	0	ал-ал	0,44	0,51
50	0	0	ст-ал	0,87	0,37
50	0	УДАВ: И-20 =1:1	ст-ал	1,06	0,41
120	10	0	ст-ал	1,41	0,33
120	10	И-20	ст-ал	1,16	0,31
120	10	УДАВ	ст-ал	1,03	0,29
120	10	УДАВ: И-20 =1:1	ст-ал	1,04	0,29
120	15	0	ст-ал	0,90	0,36
120	15	И-20	ст-ал	0,81	0,33
120	15	УДАВ	ст-ал	0,78	0,32
120	15	УДАВ: И-20 =1:1	ст-ал	0,77	0,27

Видно, что смазочное масло заметно уменьшает трение, а добавка углерода ведет к его дальнейшему снижению по причинам, рассмотренным выше. Причем, для концентрата присадки коэффициент трения больше, чем разбавленного маслом вдвое.

Практика применения различных наноматериалов показывает, что существует оптимальный состав с массовым содержанием наночастиц 1% и менее. Использование в смазках, не исключение, что видно из табл. Обращает на себя внимание тот факт, что коэффициент трения скольжения для массивного образца меньше, чем для легкого. Скорее всего это говорит об устойчивости смазок с углеродными добавками к повы-

шенным нагрузкам и перспективе их использования в высоконагруженных механических узлах.