

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(национальный исследовательский университет)»  
Институт «Политехнический»  
Факультет «Автотранспортный»  
Кафедра «Автомобильный транспорт»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Ю.В. Рождественский  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Исследование влияния металлосодержащих добавок на противоизносные свойства  
автомобильных смазочных материалов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ 23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы (к.т.н. доцент)  
\_\_\_\_\_ И.Г. Леванов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор работы  
студент группы П-418  
\_\_\_\_\_ А.Б. Белов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Нормоконтролер (к.т.н. доцент)  
\_\_\_\_\_ А.А. Дойкин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

## АННОТАЦИЯ

Белов А.Б., Исследование влияния металлосодержащих добавок на противоизносные свойства автомобильных смазочных материалов. – Челябинск: ЮУрГУ, П-418, 2019, 62 с, иллюстраций 35, библиограф. список – 29, слайдов презентации – 12

В ходе данной работы были изучены виды противоизносных добавок для автомобильных смазочных материалов, перспективность их использования и научные работы, направленные на исследования добавок снижающих износ в узлах трения автомобилей.

Для лабораторных исследований были выбраны металлосодержащие добавки на основе олеата меди, представленные на рынке автомобильной химии, а также трибопрепараты на основе олеатов других металлов, синтезированные в химической лаборатории кафедры «Автомобильный транспорт» в ЮУрГУ (НИУ).

Проведены лабораторные испытания различных масел с добавлением металлосодержащих добавок с различной концентрацией, в соответствии с методикой, представленной в ГОСТ 9490-75.

Исходя из полученных результатов, проведены сравнительные оценки диаметров пятен износа, благодаря которым выявлена лучшая из исследуемых присадок и наиболее подходящая концентрация, при которой металлосодержащая добавка работает наиболее эффективно.

					<i>23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Белов</i>		<i>Исследование влияния металлосодержащих добавок на противоизносные свойства автомобильных смазочных материалов</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Леванов</i>				3	62
<i>Реценз.</i>					<i>ЮУрГУ Кафедра АВТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Дайкин</i>					
<i>Утверд.</i>		<i>Рождественский</i>					

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	6
1.1 Общая информация .....	6
1.2 Трибосоставы к моторным маслам .....	7
1.3 Описание исследуемых металлосодержащих добавок .....	17
1.4 Цели и задачи исследования .....	19
2 МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛОСОДЕРЖАЩИХ ПРИСАДОК НА ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....	20
2.1 Описание устройства и последовательности работы на четырехшариковой машине трения .....	20
2.2 Описание и последовательность работы с цифровым микроскопом .....	34
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ .....	36
3.1 Цель и задача исследования .....	36
3.2 Испытания смазочных материалов на ЧМТ-1 .....	36
3.3 Выбор образцов смазочных материалов для исследования .....	38
3.4 Испытания моторного масла «Sintec 5W40» .....	39
3.5 Испытания индустриального масла И40А .....	45
3.6 Выводы по исследованиям товарного масла «Sintec 5W40» и индустриального масла И40А .....	50
3.7 Испытания моторных масел для двухтактных ДВС .....	51
3.8 Выводы по исследованиям масел для двухтактных ДВС .....	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	60

										Лист
										4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ					

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мировой промышленности наиболее актуальными вопросами являются проблемы, связанные с повышением износостойкости, надежности, долговечности узлов и агрегатов, а, следовательно, и качества производимой продукции. Качество продукции в основном обусловлено безотказностью работы подвижных механизмов в изделии. Которая напрямую зависит от точности размеров, формы и взаимного расположения трущихся поверхностей деталей, кроме того, от состояния их поверхностей. Проблемы, связанные с состоянием поверхностей сопрягаемых деталей считаются наиболее важными в наши дни.

На состояние трущихся поверхностей большое влияние оказывает износ, от которого в свою очередь зависит работоспособность узла и агрегата в целом. Важным показателем для автомобилей является ресурс агрегатов. Чем быстрее происходит износ деталей, тем быстрее уменьшается ресурс тех или иных узлов.

Одним из основных методов уменьшения износа трущихся поверхностей является добавление присадок в базовые масла, таким образом получают всем известные товарные масла для автомобильной техники. В последнее время на рынке автохимии появилось огромное количество различных добавок в готовые товарные масла с различными принципами действия. Они отличаются тем, что при каждой замене масла их необходимо применять вновь.

В данной работе было проведено исследование влияния металлосодержащих добавок на противоизносные свойства автомобильных смазочных материалов, на основе которых дана сравнительная оценка действия противоизносных добавок представленных на рынке автомобильной химии и трибопрепаратов синтезированных в химической лаборатории кафедры «Автомобильный транспорт» Южно-Уральского Государственного Университета в сравнении с базовым маслом И40А и товарными маслами.

										Лист
										5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ

# 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

## 1.1 Общая информация

Снижение потерь энергии и износа узлов трения машин и механизмов является важной задачей. Значительный запас для уменьшения трения скрыт в смазочных материалах и присадках. Олеаты некоторых металлов входят в состав многих смазочных композиций. Эти смазочные составы позволяют значительно снизить коэффициент трения и износ деталей машин. Олеат меди наиболее широко используется в качестве компонента так называемых гальванических присадок к смазочным материалам. Концентрация олеата меди составляет от 3 до 60% от металлосодержащих присадок. Металлосодержащие присадки являются специальными добавками к смазочным материалам и обеспечивают образование вторичных структур на поверхностях трения [1]. Эти структуры состоят из металлизированной пленки и пограничных слоев различных веществ и пленок для серфинга. Порошки металлов и сплавов (медь, олово, цинк, алюминий, бронза и др.), Оксиды и соли металлов используются в качестве металлосодержащих присадок и улучшают триботехнические характеристики узлов трения. Металлосодержащие присадки в смазочных материалах позволяют реализовать эффект безызносности в узлах трения. Этот эффект основан на явлении избирательного переноса. Явление селективного переноса широко описано в литературе, и многие работы посвящены изучению влияния металлосодержащих добавок на трибологические характеристики жидких и пластичных смазок в различных узлах трения [2].

Белолобский, Лозовский и Афанасьев представили смазку, содержащую медный порошок, политетрафторэтилен, трибутилфосфат, медьсодержащую добавку и мыльную пластичную смазку. Медьсодержащая добавка содержала 60% индустриального масла, 20% олеата меди и 20% олеиновой кислоты. Авторами определен порог устойчивости к надрезу и линейному износу при контакте образцов сферической стали с образцами смазки. Они обнаружили, что введение трибутилфосфатных и медьсодержащих присадок в пластичную смазку

										Лист
										6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.2019.177.00.00 ПЗ					

обеспечивает увеличение срока его службы и в то же время значительно повышает противоизносные и противозадирные свойства [3,4].

Козаров и Онищук представили обзор исследования металлосодержащих присадок в смазочных материалах. Авторы представили классификацию металлосодержащих смазок в зависимости от типа металлосодержащей добавки. Металлические или легированные порошки, оксиды металлов, соли металлов, комплексные соединения металлов, металлоорганические соединения и органические соединения используются в качестве присадок к гальваническим покрытиям для смазочных материалов.

Металлосодержащие добавки обеспечивают антифрикционные и противозадирные свойства смазки за счет эффекта безызносности в парах трения (сталь-сталь, сталь-чугун, сталь-бронза и т. д.) в результате формирования защитной (сервовитой) металлической пленки на поверхностях деталей в местах фактического контакта с толщиной 1-3 мкм и компенсации износа пар трения[5].

Целью данного исследования является определение влияния иона металла на трибологические характеристики олеатов металлов, подобных олеату меди (II).

## 1.2 Трибосоставы к моторным маслам

На сегодняшний день используются существуют следующие виды трибопрепаратов:

1. Приработочные препараты – используются в проведение обкатки (приработки) агрегатов транспортных средств, таких как двигатели внутреннего сгорания и элементы трансмиссии, обусловлено наличием дефектов изготовления и сборки деталей и узлов, приводящих к схватыванию поверхностей трения и возможному появлению на них задиров, а также необходимостью выявления возможных скрытых дефектов изготовления.

Несмотря на высокую эффективность и целесообразность использования приработочных препаратов на отечественной автомобильной технике, автолюбителям всё же лучше воздержаться от их применения до окончания гарантийного срока, установленного заводом – изготовителем. Иначе любой

									Лист
									7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.2019.177.00.00 ПЗ				

дефект или отказ двигателя, даже случившейся по вине завода – изготовителя, будет им оспорен по результатам химического анализа моторного масла, который неизбежно укажет на применение не допущенных заводом смазочных материалов и присадок [6].

2. Ремонтновосстановительные препараты – используются в результате многолетних исследований в основном отечественных ученых и практиков трение теперь представляется не только как разрушительное явление природы. Стало известно, что в определенных условиях оно может быть реализовано как самоорганизующийся созидательный процесс [7].

Теоретическими предпосылками к появлению РВП явились исследования в области теории самоорганизации, предсказанной И. Р. Пригожиным, а также научные открытия российских ученых. К ним в первую очередь относятся: эффект пластифицирования поверхностей трения в присутствии поверхностно – активных веществ (ПАВ), открытый П. А. Ребиндером; явление избирательного переноса при трении (эффекта безызносности), открытое и исследованное Д. Н. Гаркуновым и И. В. Крагельским; эффект аномально низкого трения, обнаруженный Е. А. Духовским, А. А. Силиным и их коллегами [2,5].

Согласно проведенной работе Гительмана Д.А., необходимо отметить, что для различного периода эксплуатации, долговечность и работоспособность деталей и агрегатов техники во многом определяется качеством и составом смазочной среды. Необходимые эксплуатационные свойства масел определяются набором специальных присадок, вводимых в базовую минеральную или синтетическую основу [8].

Использование трибодобавок позволяет, не ухудшая эксплуатационных параметров масел, обеспечивать формирование на поверхностях трения деталей машин необходимую структуру слоя с высокими триботехническими характеристиками. Таким образом, при наличии высоких противоизносных и восстановительных характеристик современных смазочных материалов, можно существенно сократить период обкатки, увеличить безотказность и долговечность ресурсных сопряжений ДВС.

										Лист
										8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.2019.177.00.00 ПЗ					

Создание самих антифрикционных, защитных и восстановительных покрытий на поверхностях трения деталей можно осуществлять безразборным способом, с помощью добавки соответствующих трибоматериалов в зоны трения путем введения их в состав используемых смазочных масел.

Исходя из работы Гительмана Д.А. [9] все известные триботехнические составы по компонентному составу и физико-химическим процессам взаимодействия их с трущимися поверхностями, по свойствам защитно-восстановительных покрытий, а также по механизму функционирования в эксплуатационном режиме, по литературным данным можно классифицировать на:

а) Масляные суспензии высокодисперсных порошков сплавов мягких металлов (Cu, Pb, Sn, Ag, Zn, Au) и их сплавов: например, составы марок Кластер, РиМЕТ с их многими разновидностями, Ресурс-Дизель, их модификации, а также аналогичные импортные, как металлоплакирующие (пленкообразующие) добавки. Эти препараты без участия процессов трения, на основе осаждения меди и других мягких металлов образуют недолговечные мягкие пленки на поверхностях стальных деталей; при некоторых условиях из-за коррозии поверхностей деталей под пленкой она может быстро отслаиваться и обуславливать побочное негативное действие (коррозию); после этого триботехника сопряжений трения заметно ухудшается;

б) Масляные растворы органических солей мягких металлов (нафтеновых кислот, жирных амидов, эфиров жирных кислот и спиртов, глицерина): марки МКФ-8, МКФ-18, МКФ-18У, МКФ-18НТ, Валена, несколько препаратов Repom для двигателей и трансмиссий, СУРМ, НИКА, УРАЛ, Сомет, ВелАП, Стимул-1, МПП ИГСХА-ТС, импортные Remetallisant Moteur, Lubrifilm с их аналогами и др. Они плакируют пленки мягких металлов на поверхности стальных деталей даже без участия процессов трения; их действие на основе электролитического осаждения металлов на железе всех чистых поверхностей недолговечно, как и у препаратов группы а);

в) Ранее известные фторорганические препараты на основе политетрафторэтилена (или тефлона) и его многочисленных аналогов,

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ				



маслофильность, повышенное (от 10 до 300 Ом/см) электрическое сопротивление. При электрическом воздействии РВС-покрытия, содержащие достаточно большую долю углеводов или соединений углерода, могут разрушаться (медленно окисляться и постепенно сгорать);

е) Трибопрепараты на основе масляных суспензий ультрадисперсных алмазов: Украинские (г. Харьков) и Белорусские (г. Минск, ООО «Синта») аналоги (Формула В, Формула АВ, Формула АР, Энергия алмазов), Красноярский КАРАТ-5, Дзержинский Карат-М, Зеленоградские разновидности препаратов Nanodiamond Green Run и их зарубежные предшественники 60-70-х годов из Англии и Голландии.

ж) Комплексные препараты, состав и механизм действия которых не раскрывается, например, группа весьма эффективных приработочных препаратов фирмы Wagner и некоторые другие. Препараты Wagner обеспечивают многократное повышение нагрузки до задира, а добавление в них высокодисперсной керамики еще больше повышает их эффективность.

Трибопрепараты на основе серпентинов и органических добавок - антифрикционная ресурсо-восстанавливающая композиция (АРВК), разработанная в ИМАШ РАН с трибополимеробразующим препаратом ЭФ-357, в которой вначале срабатывает органическая компонента и сразу обеспечивает образование временной защитной полимолекулярной пленки, а позднее - серпентиновая компонента и образуется, предположительно, органо-минеральное покрытие:

- многокомпонентный «Forsan»;
  - трехкомпонентный состав «Реагент-2000» с графитоалмазной шихтой;
  - сложный состав ОМКА;
  - ряд препаратов на основе солей меди жирных кислот с добавкой серпентина
- это препарат Стрибойл от НПЦ

«Конверс-Ресурс», «Моторвита» Ивановского химико-технологического института, а также другие, где предположительно, вначале осаждается медь, а затем работает серпентин [11].

										Лист
										11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.2019.177.00.00 ПЗ					



Под действием содержащихся в присадке активных групп COOH и компонентов СМ на поверхности «сервоитной» пленки образуется полимерная пленка – «серфинг – пленка».

Сервоитная пленка – особая структура на поверхностях трения, характерная для «эффекта безызносности», в которой реализуется особый механизм деформации, протекающий без накопления дефектов, свойственных усталостным процессам. (Термин введен Д. Н. Гаркуновым и И. В. Крагельским) [5].

При применении препаратов этой группы необходимо учитывать следующие особенности:

1. При применении препаратов на основе ультрадисперсных порошковых материалов необходимо учитывать, что ряд частиц, введенных в СМ в виде добавок (взвесей), могут быть центрифугированы как фильтрами тонкой очистки (центрифугами дизелей), так и коленчатым валом, что может привести к забиванию основной масляной магистрали двигателя (каналов коленчатого вала).

2. Существует критическая концентрация соединений, обладающих восстановительной способностью, выше которой из-за быстрого восстановления оксидных пленок в зоне трения вероятность намазывания возрастает. В этом случае отмечается повышенная интенсивность изнашивания. Завышенные концентрации могут приводить к восстановлению ионов металлов и их выпадению в осадок, повышению коррозионных свойств композиций базового смазочного материала и восстановителя.

### 1.2.2 Полимерсодержащие трибодобавки

В конце пятидесятих годов прошлого столетия Х. В. Германсом и Т. Ф. Иганом было обнаружено явление образования органических отложений (загрязнений) на релейных контактах телефонной и телеграфной связи. На основании специальных высокоточных экспериментов ими было установлено, что отложения в зоне контакта образуются вследствие химических превращений паров органических веществ, выделяемых некоторыми изоляционными материалами. Во всех случаях образовавшиеся отложения снижали коэффициент

										Лист
										13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ					

трения в контактной паре. Поэтому эти соединения было предложено называть «полимерами трения» [15].

Трибосмеси, содержащие в своем составе политетрафторэтилен («тефлон»), фторопласт, перфторпропиленоксид, перфторполиэфир карбоновой кислоты («эпилам»), полисилоксаны (силикон) и некоторые другие, следует выделить в отдельную группу – полимерсодержащие (или полимерные) добавки или модификаторы.

Несмотря на доказанную результативность применения полимерсодержащих препаратов, существует целый ряд серьезных проблем при их широком использовании. Лабораторные исследования и длительные эксплуатационные испытания одного из тефлоновых препаратов, выявили ряд негативных последствий использования данного восстановителя [16]:

1. Отмечено также, что применение тефлоновых препаратов способствует образованию смолистых отложений с белым налетом и нагара на днищах поршней и поршневых кольцах.

2. Рекомендуемые концентрации многих полимерсодержащих препаратов для введения в моторное масло необоснованно завышены (до 25 % от объема моторного масла), что сказывается на химмотологических свойствах базового масла [17].

### 1.2.3 Геомодификаторы

В настоящее время в ряде научно – технических центров разрабатывается новое направление в автохимии и трибологии в целом. Это направление получило наименование «геотрибология» (от греческого геос – земля) – т. е. трение, износ и смазывание в условиях применения различного рода минералов и других соединений геологического происхождения.

Геомодификатор (РВС – технология) – трибодобавка в смазочные материалы и технологические среды на базе минералов геологического (реже искусственного) происхождения, которые могут вступать во взаимодействие с контактируемыми (трущимися) участками деталей и формировать на них металлокерамический слой, частично устраняющий дефекты поверхностей трения [18].

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ					



подобным свойством обладают и другие минералы этого семейства: клиноптилолит, морденит, фожазит, шабазит. В отличие от кристаллогидратов (серпентинов и бёмита), также выделяющих значительное количество воды при нагреве, цеолиты поглощают и выделяют не только воду, но и другие молекулы без изменения кристаллической структуры.

Для получения необходимого эффекта от применения геомодификатора должно произойти его разрушение, до этого времени он (например, серпентин) работает, как простой абразив [21].

После разложения геомодификатора в очищенную зону трения вместе с катализатором происходит внедрение его керамических и металлокерамических частиц (фибрилла). Зона контакта обедняется свободным водородом, а поверхностные слои вследствие диффузии изменяют свою структуру и увеличивают прочность в несколько раз. В процессе дальнейшей работы на поверхностях трения формируется органо – металлокерамическое покрытие, частично восстанавливающее дефекты поверхности трения и обладающее высокими антифрикционными и противоизносными свойствами.

Металлокерамический защитный слой, который получается на поверхностях трения, может обладать уникальными триботехническими характеристиками:

- микротвердость 65...72 HRC;
- шероховатость 0,3...0,1 мкм;
- коэффициент трения 0,003...0,007;
- температура разрушения 1700...2000 С.

При применении геомодификаторов в ДВС наблюдается некая оптимальная точка (момент времени) в процессе обработки, когда регистрируемый эффект достигает своего оптимального значения. Продолжение процесса обработки, как указывают ряд исследователей, может привести к ряду негативных последствий.

Применение серпентинита предотвращает износ и возникновение основных первичных разрушающих факторов, таких как электрохимическая коррозия, истирание, механические повреждения. Более того, он может служить и восстанавливающим средством для уже изношенных поверхностей [22].

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ					

Длительные всесторонние испытания натуральных смазочных материалов показали, что применение присадок на основе серпентинита снижает интенсивность износа при плоскостном трении в 15 раз. Отмечается повышение средней удельной эксплуатационной экономичности, снижение потерь на трение на 20% и более, увеличение ресурса смазок и масел в 2-3 раза, уменьшение шумовых нагрузок.

Наряду с высокой эффективностью геомодификаторов и РВС – технологии, остается множество нерешенных вопросов, связанных с их применением:

1. Установлено, что частицы геомодификатора увеличивают износ вследствие вдавливания (вкрапления) в более мягкой материал неразложившихся частиц геомодификатора и их функционирования как микрорезцов, закрепленных в пластичной матрице.

2. При обработке металлокерамическими материалами наблюдается выделение свободной воды в смазочных материалах, повышение ее содержания в моторном масле всего на 5 % приводит к росту интенсивности изнашивания до 10 раз.

3. Наряду со снижением концентраций в отработавших газах окиси углерода СО и углеводородов СН, наблюдается почти двукратный рост выхода окислов азота NO.

В заключение данного раздела следует отметить, что главной проблемой, существенно сдерживающей применение препаратов на основе геомодификаторов, является нестабильность их свойств, а как следствие, результатов обработки. Все это, прежде всего, обусловлено минеральной основой добавок с наличием множества неконтролируемых примесей и загрязнений.

### 1.3 Описание исследуемых металлосодержащих добавок

Одними из наиболее распространенных присадок на рынке автомобильной химии являются металлосодержащие добавки «Valena SV» и «Copper», содержащие олеат меди и работающие по принципу эффекта безызносности. Целью данного исследования является сравнение противоизносных свойств

									Лист
									17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ				

добавок «Valena SV» и «Cupper» с металлосодержащими присадками олеатов других металлов [23].

Металлосодержащая маслорастворимая композиция для смазочных материалов (названная авторами МСК «Валена») представляет собой густую жидкость от темно-зеленого до темно-коричневого цвета, хорошо растворяется в маслах, образуя раствор, в котором металл находится в виде молекул и ионов, и легко проходит через фильтрующее устройство. Это позволяет использовать композицию в маслах, смазочно-охлаждающих жидкостях, гидравлических жидкостях, а также в пластичных смазках [5,12].

МСК «Валена» обеспечивает антифрикционные и противозадирные свойства смазочного материала благодаря реализации эффекта безызносности в парах трения (сталь-сталь, сталь-чугун, сталь-бронза и т.п.) в результате образования защитной (сервовитной) металлоплакирующей пленки на поверхностях деталей в местах фактического контакта толщиной 1-3 мкм и автокомпенсации износа пар трения [24]. Образование сервовитной пленки обеспечивает защиту поверхностей деталей от проникновения водорода в них, устраняя тем самым водородный износ (Рисунок 1.1)

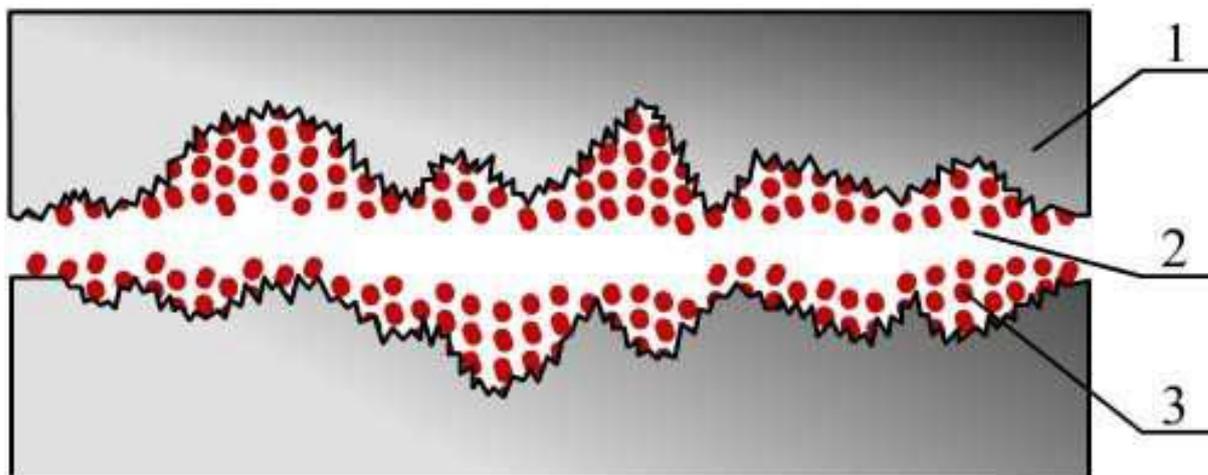


Рисунок 1.1 – Структура поверхности, восстановленной реметаллизантом:  
1 – металлическая поверхность детали; 2 – смазочный материал;  
3 – «сервовитная» пленка

#### 1.4 Цели и задачи исследования

Целью исследования является изучение влияния металлосодержащих добавок на противоизносные свойства автомобильных смазочных материалов

Задачи исследования:

1. Синтезирования композиций на основе металлосодержащих добавок в виде олеатов меди, цинка, олова, железа;
2. Изучение оборудования, а также методики проведения испытаний по ГОСТ 9490-75;
3. Проведение испытаний на ЧМТ-1 с синтезированными композициями;
4. Проведение сравнительного анализа полученных результатов результатов и заключение выводов на основе анализа;

					23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

## 2 МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ МЕТАЛЛОСОЖЕРЖАЩИХ ПРИСАДОК НА ПРОТИВОИЗНОСНЫЕ СВОЙСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 2.1 Описание устройства и последовательности работы на четырехшариковой машине трения

Исследование проводилось на кафедре Автомобильный транспорт, так как на кафедре имеется четырехшариковая машина трения ЧМТ-1.

В качестве образцов используются шарики диаметром 12,70 мм.

Эксперимент проводился на установке ЧМТ-1 – четырехшариковая машина трения (рисунок 2.1). Основной конструкции является стойка 1, к которой крепится узел трения 2. Стойка представляет сварной каркас, к которому привернута стальная плита. В верхней части стойки расположена панель управления 3. В нижней части стойки, по четырем углам, размещены регулируемые ножки 4, служащие для установки машины. На левой стороне стойки внизу закреплены разъем 6, при помощи которого, к машине подключаются провода внешних соединений и болт 5 для заземления.

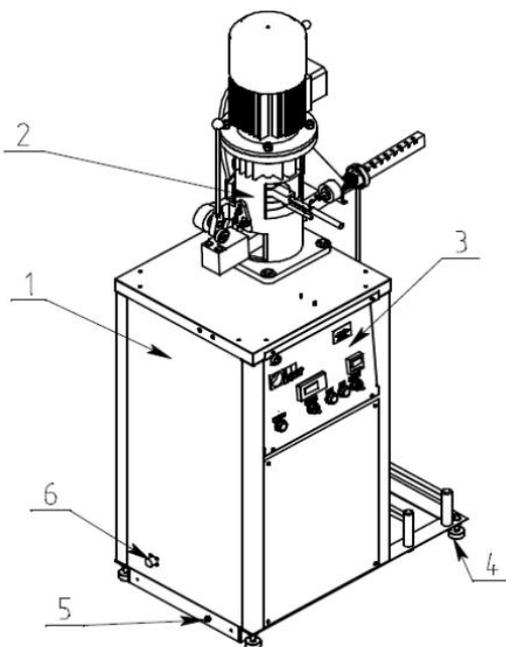


Рисунок 2.1 – Общий вид четырехшариковой машины трения  
1 – стойка; 2 – узел трения; 3 – панель управления; 4 – регулируемые ножки; 5 – болт для заземления; 6 – разъем для внешних соединений.

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.2019.177.00.00 ПЗ				

Общий вид панели управления представлен на рисунке 2.2. На панели управления установлены:

1. Розетка для подключения электронагревателя;
2. Разъем для подключения электронного секундомера;
3. Сетевой индикатор фаз;
4. Автоматический выключатель;
5. Реле времени;
6. Измеритель регулятор температуры;
7. Кнопка ПЕРЕГРУЗКА СБРОС с сигнальной лампой;
8. Переключатель ВРЕМЯ, предназначенный для установки режима «10 сек» или «60 мин»;
9. Кнопка ПУСК, предназначенная для включения электродвигателя машины;
10. Кнопка СТОП, предназначенная для выключения электродвигателя машины;
11. Переключатель НАГРЕВ, предназначенный для включения и выключения регулятора температуры.

					23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21



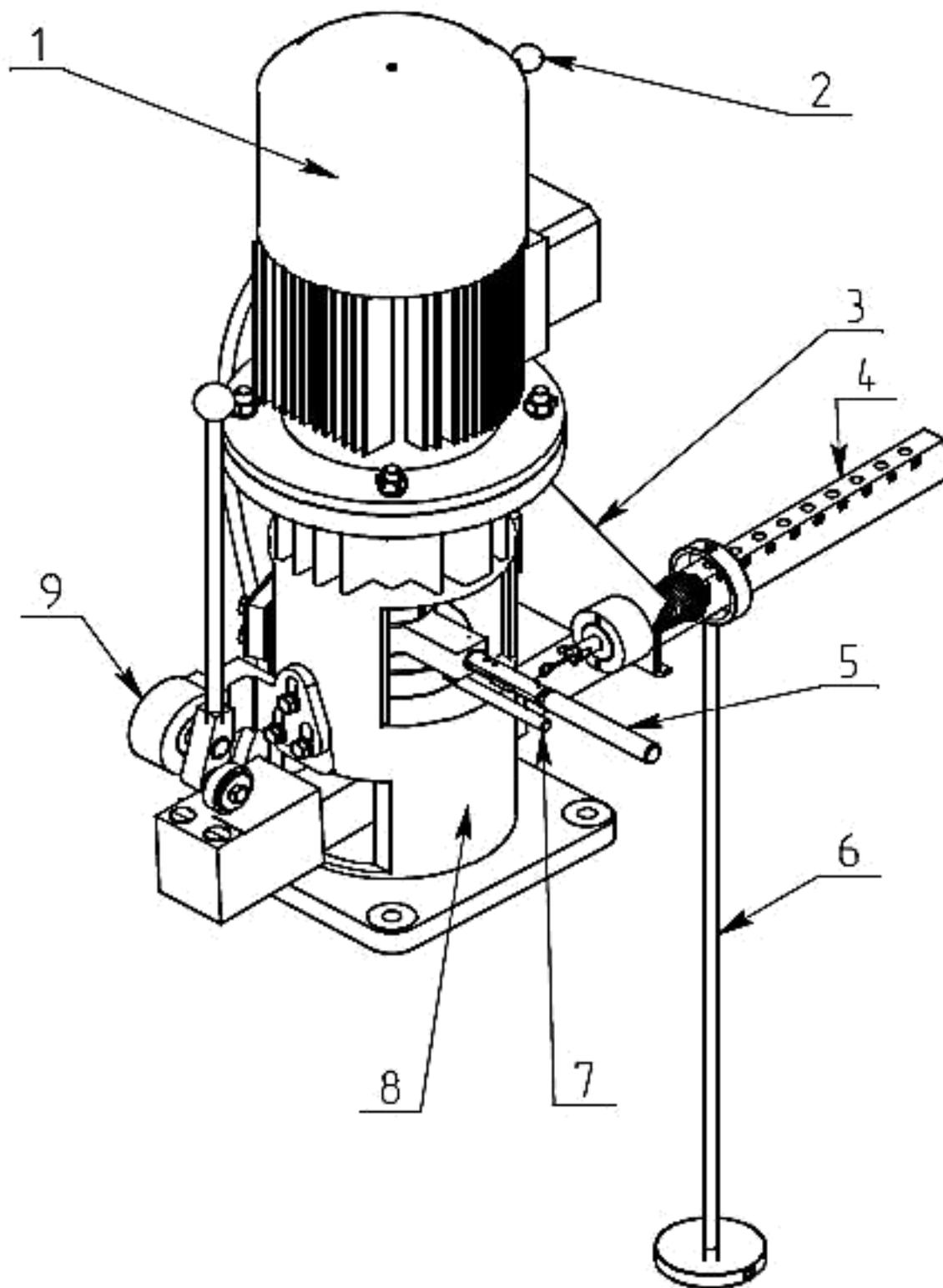


Рисунок 2.3 – Общий вид узла трения машины

Узел трения в разрезе представлен на рисунке 2.4.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ

Лист

23

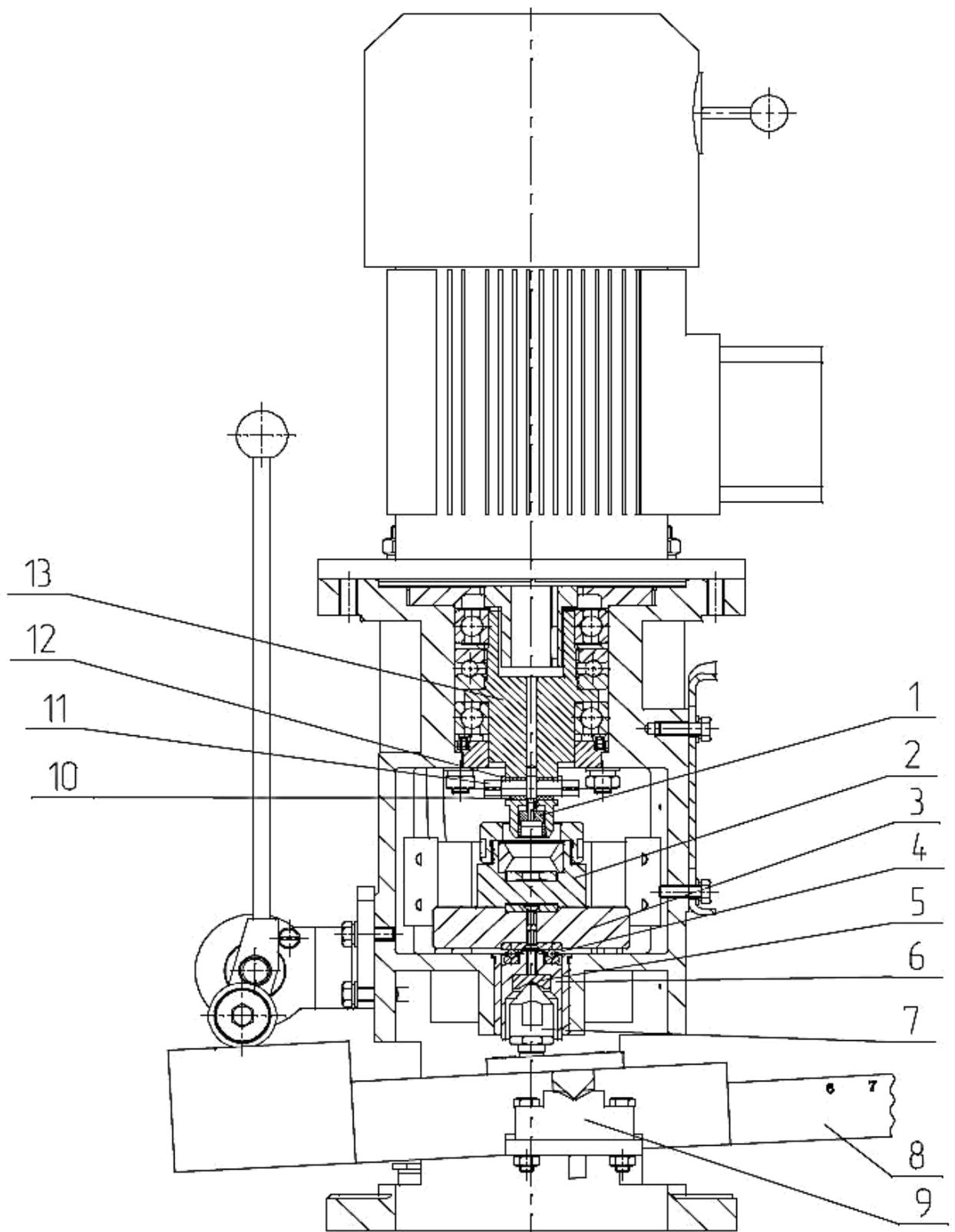


Рисунок 2.4 – Узел трения в разрезе представлен

Узел трения машины состоит из следующих деталей и узлов:

1. Цанга для установки верхнего шарика;
2. Корпус для крепления трех нижних шариков;



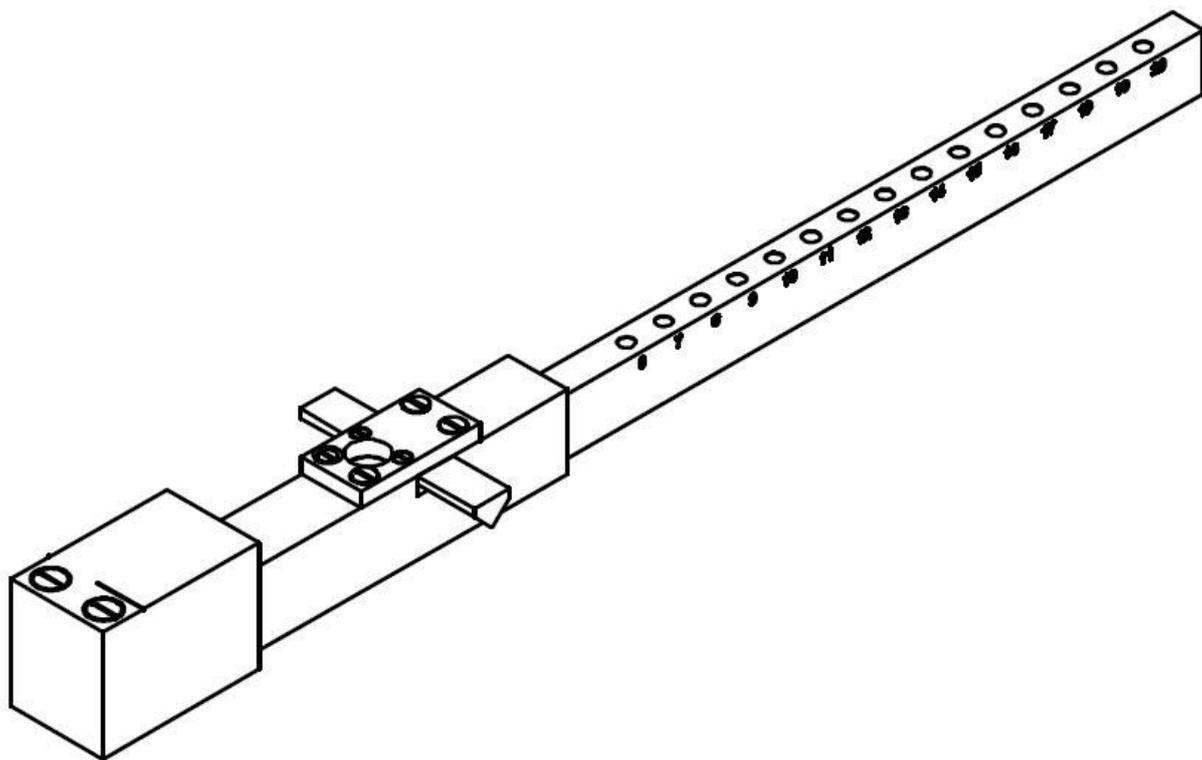


Рисунок 2.5 – Рычаг

Слева от призматической опоры, являющейся центром вращения, в гнезде рычага установлен подпятник, на который установлен толкатель 7, показанный на рисунке 2.4. Толкатель сверху упирается в подпятник 5, установленный во втулке 6. На верхнем уступе втулки 6 установлен упорный подшипник 4, на который опирается алюминиевая подставка 3. Для удобства установки подставка снабжена ручкой. При испытаниях, проходящих при повышенных температурах смазочного материала, вместо подставки в машину устанавливают электронагреватель. На корпусе 2, показанном на рисунке 2.4, имеется нижняя торцевая проточка, в которую входит верхний диск подставки, чем обеспечивается самоцентрирование узла трения в процессе работы.

В корпусе закрепляются три нижних шарика. Четвертый шарик зажимается в цанге 1. Наружная конусная часть цанги находится в коническом гнезде вала 13.

Последний снабжен диаметральной проточкой, в которой на двух втулках 10 установлен эксцентриковый валик 11, предназначенный для выталкивания цанги из вала 13. Эксцентриковый валик имеет квадратные хвостовики под ключ. На торцах хвостовиков нанесена стрелка, показывающая положение выступа

эксцентрика. Фиксация втулок 10 осуществляется втулкой 12, через вырезы которой проходит эксцентриковый валик 11. Вал 13 соединен с валом электродвигателя муфтой, установленной на вал двигателя со шпонкой. Электродвигатель прикреплен к верхнему фланцу корпуса болтами. Провода от электродвигателя пропущены через металлорукав, который прикреплен к нижнему фланцу корпуса при помощи прижимов.

Вал установлен на двух радиальных подшипниках. Осевое усилие воспринимается упорным подшипником. Подшипники поджаты с помощью фланца. Задний прямоугольный хвостовик корпуса помещен между двумя резиновыми амортизаторами, закрепленными на приливах корпуса. Амортизаторы смягчают удары корпуса, возникающие при достижении нагрузки сваривания. На задней стороне литого корпуса, на приливе, установлена пластина, имеющая вертикальный вырез. При снятии корпуса с машины, датчик температуры сначала попадает в вырез пластины, а потом автоматически выдергивается из корпуса.

Общий вид корпуса представлен на рисунке 2.6. Корпус 1 имеет центральную цилиндрическую часть и два прямоугольных хвостовика. Корпус снабжен съемной ручкой 3 с пружинной защелкой. На ручке 3 установлен крючок, при помощи которого корпус соединяется с тягой ограничителя. При установке рукоятки защелка запирается автоматически, а при снятии отпирается нажатием на выступ. Гайка 2 служит для закрепления шариков.

									Лист
									27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ				





Общий вид ограничителя представлен на рисунке 2.9. Ограничитель – устройство для автоматического выключения электродвигателя при достижении максимально допустимого значения крутящего момента.

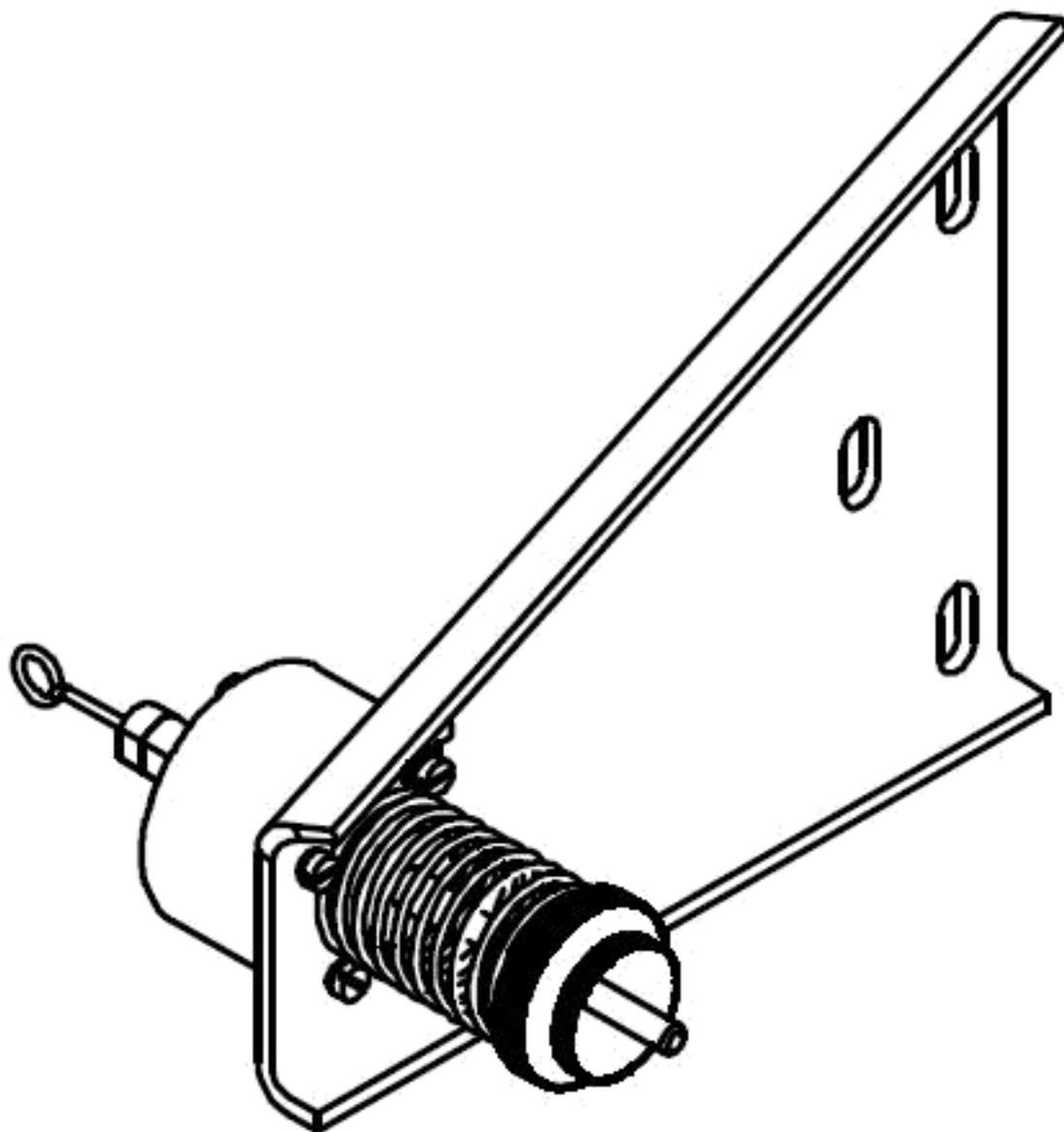


Рисунок 2.9 – Общий вид ограничителя

Схема ограничителя с частичным разрезом представлена на рисунке 2.10. На кронштейне винтами крепится втулка 4, в которой перемещается в осевом направлении валик 2. Пружина 5, нижний конец которой опирается на кронштейн, а верхний – на втулку 6, упирающуюся в навинченные на вал 2 гайки 7 и 8. Гайка 7 служит для регулировки усилия натяжения пружины 5, а гайка 8 контрит гайку 7. На валике закреплен крючок 9 посредством гайки 1 для

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ



пластичных смазок. Так же она может использоваться для сравнительной оценки моторных масел. Условия испытаний на данной установке не воспроизводят реальных узлов трения. Однако ее достаточно для оценки свойств масел на предварительных этапах исследования.

Согласно ГОСТ 9490-75 при помощи четырехшариковой машины трения можно определять следующие характеристики:

- несущая способность – по критической нагрузке
- предельная нагрузочная способность – по нагрузке сваривания
- противоизносные свойства – по диаметру пятна износа
- противозадирные свойства – по индексу задира

Принцип работы машины заключается в воспроизведении нормированных воздействий на испытываемые образцы, с последующим замером величины износа. В качестве испытательных образцов используются шарики ( $12,70 \pm 0,01$  мм) по ГОСТ 3722 из стали ШХ-15 по ГОСТ 801. Для одного испытания используются четыре шарика, которые образуют пирамиду. Три шарика, основание пирамиды, закрепляются неподвижно в корпусе, в котором они заливаются испытываемым смазочным материалом.

Четвертый шарик, вершина пирамиды, закрепляется в шпинделе машины и прижимается под заданной нагрузкой и вращается двигателем, расположенным в верхней части установки, с постоянной скоростью. Длительность испытаний – 10 сек или 60 мин в зависимости от типа испытания. Если в ходе испытания возникает момент трения, равный  $(1180 \pm 25)$  Н·см, установка автоматически отключается. В узле трения (рисунок 3) возможно регулировать осевую нагрузку в диапазоне от 59 до 9800 Н. Регулируется она путем установки гиредержателя с требуемым набором гирь, в требуемое положение на рычаге. Положение определяется согласно расчетным таблицам в ГОСТ 9490-75 [24].

Каждое испытание состоит из серии определений. Каждое новое определение проводят на новой пробе смазочного материала и четырьмя новыми шариками. Продолжительность работы машины при определении показателя износа составляет 60 мин, а осевая нагрузка остается постоянной.

										Лист
										32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ



20. Вынимается термopapa

21. Корпус чашки вместе с подставкой извлекается. Корпус чашки устанавливается на шпильки на рабочей поверхности машины

22. Эксцентриковый валик поворачивается торцевым ключом на 180° (стрелка должна быть повернута вниз) и вынимается цанга с верхним ключом. Шарик удаляется через отверстие в верхней части цанги

23. Ключом необходимо открутить гайку

24. Гайка, верхнее и нижнее кольца, чашка, цанга и шарики очищаются от смазочного материала, обезжириваются и высушиваются

## 2.2 Описание и последовательность работы с цифровым микроскопом

Поскольку пятна износа имеют диаметр около одного миллиметра и менее, то для их замера требуется микроскоп с возможностью замера линейных величин. Для этих целей будет использоваться электронный микроскоп с ПО для компьютера (рисунок 2.11).



Рисунок 2.11 – Электронный микроскоп Kromatech

									Лист
									34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

23.03.2019.177.00.00 ПЗ



### 3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1 Цель и задача исследования

Настоящая работа посвящена исследованию влияния металлосодержащих добавок на противоизносные свойства моторных и трансмиссионных масел, а именно олеатов металлов на противоизносные свойства, соединение металлов с кислотным остатком олеиновой кислоты, олеат меди является основой так называемых металлоплакирующих добавок (теорию по металлоплакирующим), в настоящем исследовании поставлена задача установить влияют ли олеаты других металлов более активных чем медь на противоизносные свойства масел.

Цель исследования: определить влияние металлосодержащих добавок на противоизносные свойства масел.

Задачи исследования: подготовить экспериментальную базу (оценить противоизносные свойства на ЧМТ-1 по ГОСТ 9490-75, методика проведения, принцип действия ЧМТ-1, показатель износа, оценку момента трения, то есть влияние и на антифрикционные свойства) [24].

Провести сравнительную оценку влияния металлосодержащих соединений на противоизносные свойства на примере масел СИНТЕК 5W40 и И40А.

#### 3.2 Испытания смазочных материалов на ЧМТ-1

Испытания проводились на машине трения ЧМТ-1 по ГОСТ 9490-75, на противоизносные и противозадирные свойства. Противоизносные свойства испытывались при нагрузке 392 Н (40 кг) по 2 повторных опыта для каждого смазочного материала, при температуре окружающего воздуха 25°C.

Результаты испытаний выражаются в диаметре пятен износа нижних шариков. Средний диаметр пятна износа, учитывающийся при испытании каждого смазочного материала рассчитывается следующим образом. После проведения каждого опыта, посредством цифрового микроскопа, измеряются диаметры пятен износа трех нижних шариков в двух плоскостях: в направлении скольжения и

									Лист
									36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.2019.177.00.00 ПЗ				



Следующим шагом, рассчитываем расхождение  $D_{и.}$  для двух опытов испытания одного и того же смазочного материала, путем разности  $D_{и.}$  двух опытов. Полученное значение должно быть допустимо – т.е. должно быть меньше значения сходимости, рассчитанного по ГОСТ 9490-75.  $D_{и.}$  – большее значение среднего диаметра пятен износа из двух проверяемых опытов. Если условие не выполняется, необходимо провести повторный опыт.

При подборе смазочных материалов для испытаний основной задачей было найти такие смазочные материалы, чтобы была возможность их сравнения, также СМ должны быть актуальны для применения потребителями.

### 3.3 Выбор образцов смазочных материалов для исследования

От предприятия-изготовителя автомобильных смазочных материалов и различных добавок к ним, был получен запрос на проведение исследования влияния металлосодержащих добавок, синтезированных в химической лаборатории кафедры «Автомобильный транспорт» ЮУрГУ (НИУ), на противоизносные свойства в сравнении с аналогами, представленными на рынке, такими, как «Valena SV» и «Cupreg», которые содержат олеат меди. Отличие добавок «Valena SV» и «Cupreg» в базовом масле, в которое добавляется олеат меди. Смысл проведенных испытаний состоит в том, чтобы сравнить действие олеата меди с олеатами других металлов, так как стоимость производства олеата меди выше, чем производство олеатов других металлов.

Для исследования было выбрано общедоступное, известное потребителю и достаточно недорогое масло «Sintec 5W40». Однако учитывая то, что товарное масло «Sintec 5W40» уже имеет в своем составе различные присадки, соответственно эффект от взаимодействия базовых присадок данного масла с металлосодержащими добавками был неизвестен, то было принято решение провести испытания со смазочным материалом схожим по вязкости и не имеющим присадок. В качестве такого образца было выбрано базовое индустриально масло И40А, которое не имеет в составе присадок и очень близко по вязкости к выбранному товарному смазочному материалу.

									Лист
									38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.2019.177.00.00 ПЗ				



металлосодержащие добавки на основе олеатов меди («Valena SV» и «Copper»), железа, олова и цинка. Олеаты данных металлов добавлялись в «Sintec 5W40» в концентрации 1%. Данная концентрация была выявлена в ходе ранее произведенных опытов на кафедре «Автомобильный транспорт» в лаборатории триботехники, как наиболее низкая и при этом эффективная концентрация для автомобильных моторных масел. Далее образцы также испытывались на ЧМТ-1. Кроме того, были проведены испытания с добавлением 1% чистой олеиновой кислоты для выявления ее влияния на противоизносные свойства исследуемого масла. Результаты проведенных опытов представлены в таблице 2, а так же на рисунке 3.2.

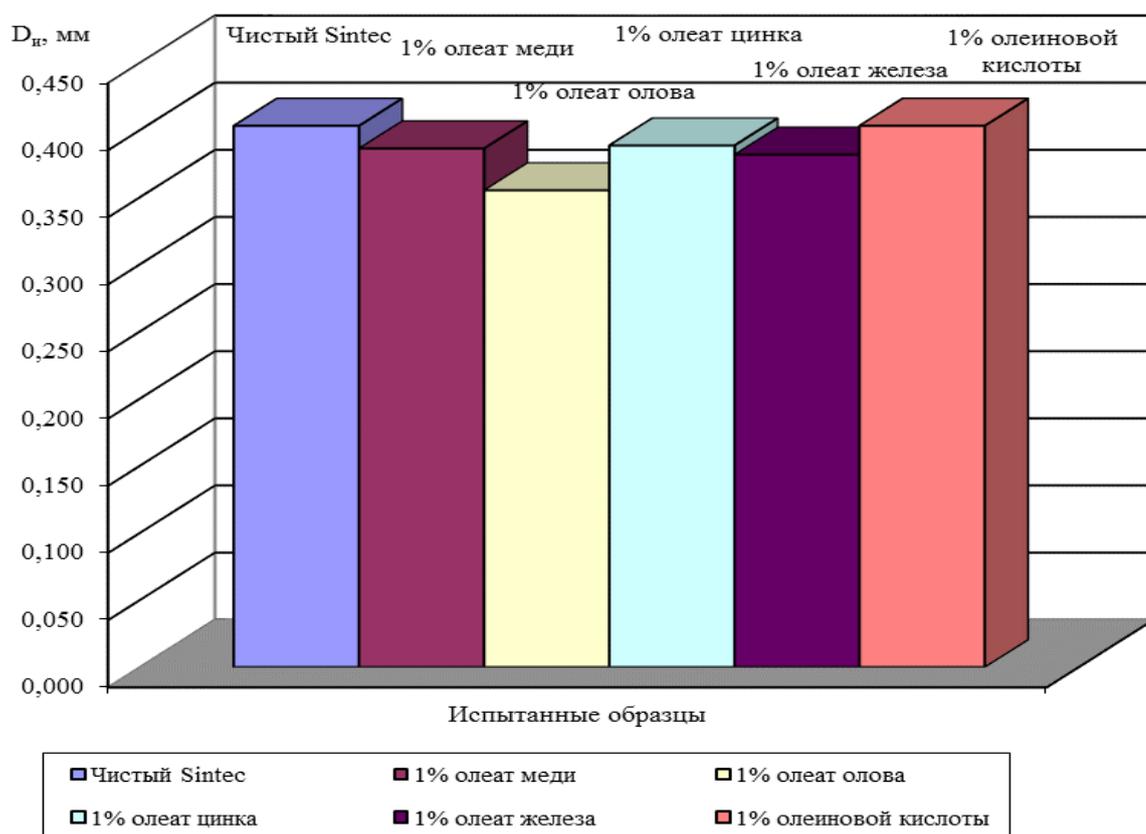


Рисунок 3.2 – Результаты испытаний для «Sintec 5W40»

Таблица 2 – Результаты измерений для «Sintec 5W40»

Образец	$D_{cp}^*$ , мм	$D_{и}$ , мм
Чистый Sintec измерение вдоль	0,501	0,480
Чистый Sintec измерение поперек	0,458	
Sintec +1% олеат меди, измерение вдоль	0,390	0,386
Sintec +1% олеат меди, измерение поперек	0,383	
Sintec +1% олеат олова, измерение вдоль	0,352	0,355
Sintec +1% олеат олова, измерение поперек	0,359	
Sintec +1% олеат цинка, измерение вдоль	0,393	0,389
Sintec +1% олеат цинка, измерение поперек	0,384	
Sintec +1% олеат железа, измерение вдоль	0,380	0,382
Sintec +1% олеат железа, измерение поперек	0,383	
Sintec +1% олеиновой кислоты, вдоль	0,389	0,403
Sintec +1% олеиновой кислоты, поперек	0,418	

здесь  $D_{cp}^*$  – средний диаметр пятна износа замеров вдоль или поперек,  $D_{и}$  – средний диаметр пятна износа

Испытанные образцы различных вариантов присадок представлены на рисунках 3.3 – 3.8.

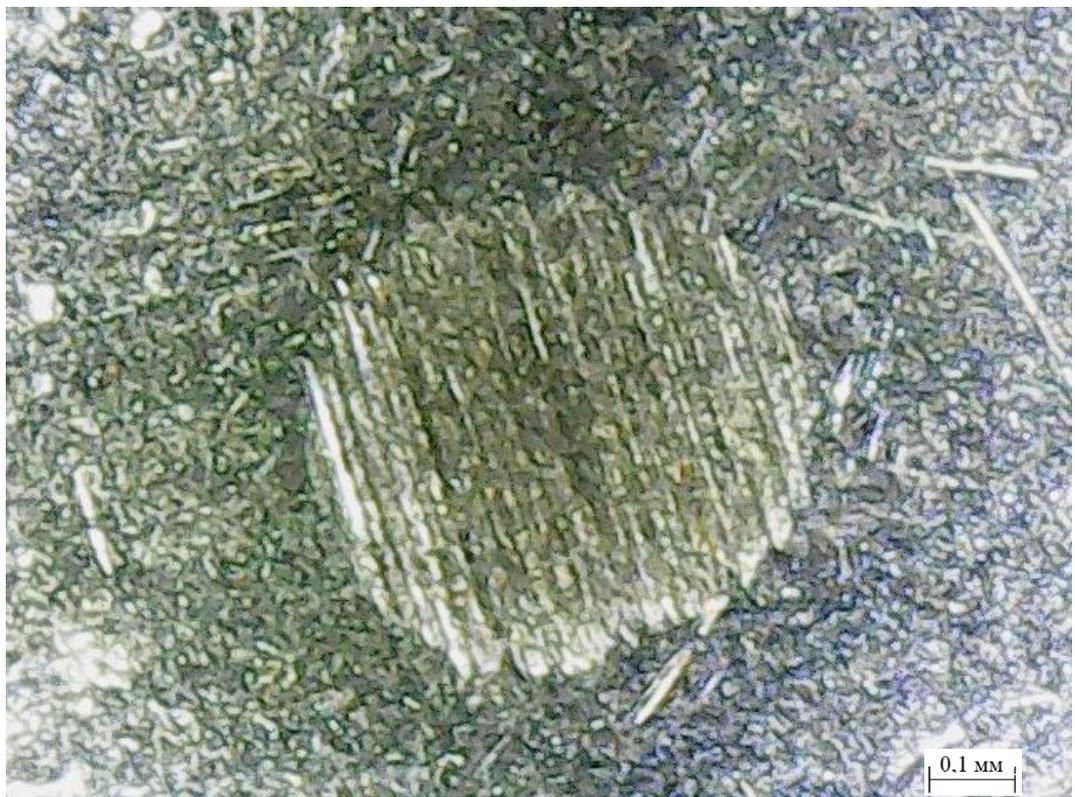


Рисунок 3.3 – Чистый «Sintec 5W40»

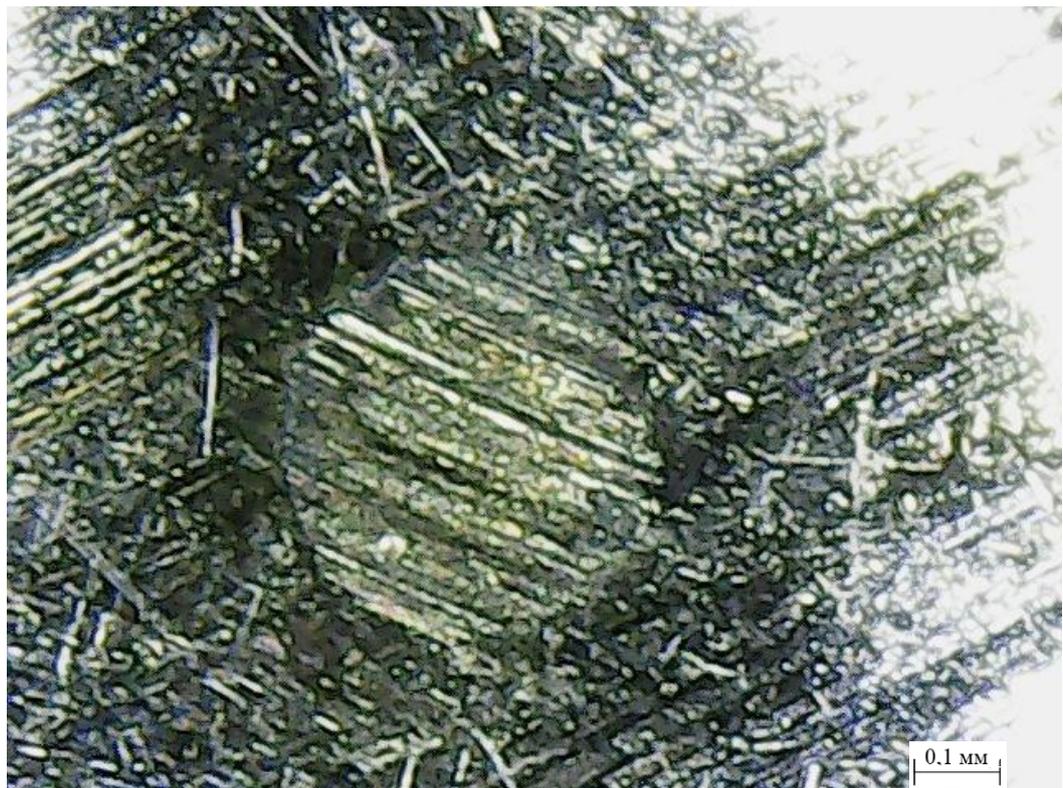


Рисунок 3.4 – «Sintec» +1% олеата меди

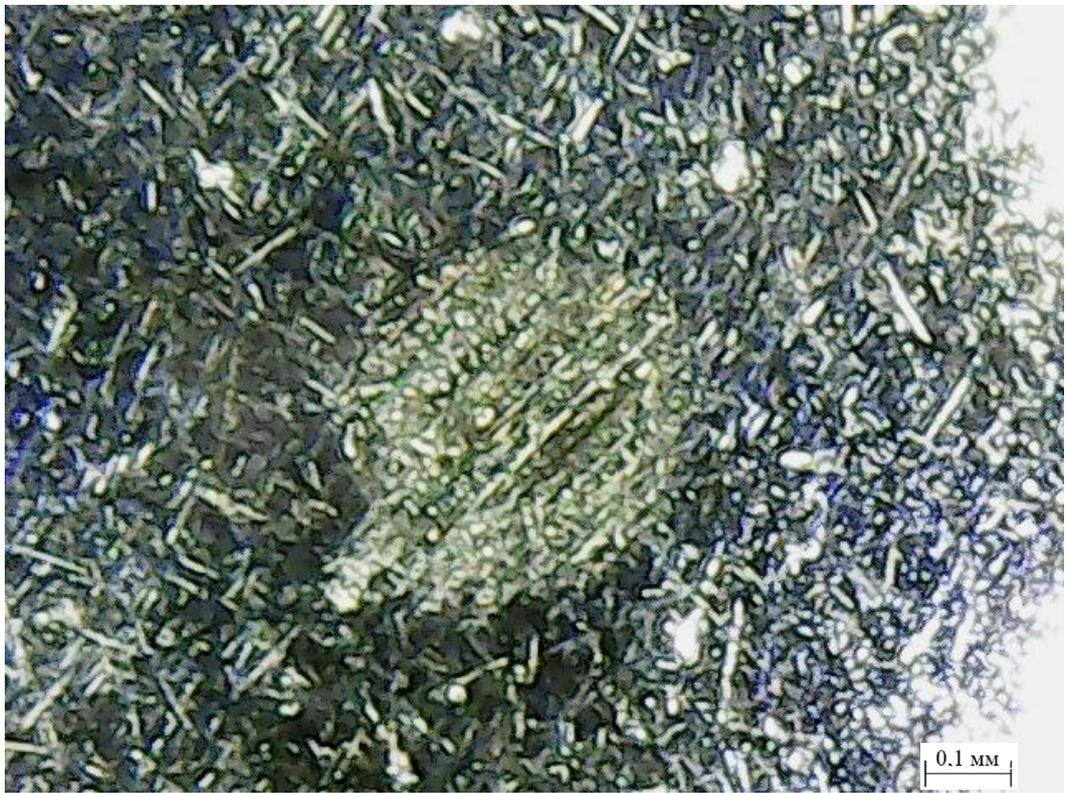


Рисунок 3.5 – «Sintec» +1% олеата олова

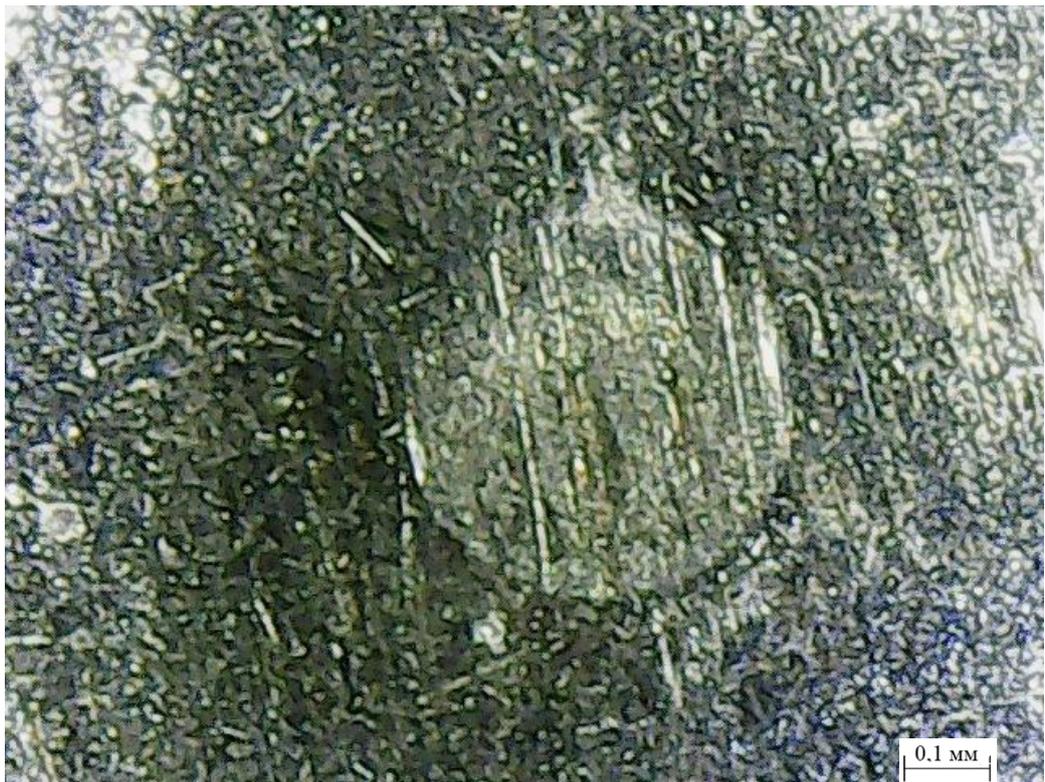


Рисунок 3.6 – «Sintec» +1% олеата цинка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ

Лист

43



Рисунок 3.7 – «Sintec» +1% олеата железа



Рисунок 3.8 – «Sintec» +1% олеиновой кислоты

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ

Лист

44

### 3.5 Испытания индустриального масла И40А

Для исследования влияния металлосодержащих добавок на противоизносные свойства индустриального масла в лаборатории триботехники на кафедре «Автомобильный транспорт» в ЮУрГУ (НИУ) были проведены испытания чистого масла И40А. Далее были проведены опыты с добавлением 1% олеата меди. После чего в И40А в соотношении 1:100 добавлялись металлосодержащие добавки на основе олеатов железа, олова и цинка. Данные образцы также испытывались на ЧМТ-1. Кроме того, были проведены испытания с добавлением 1% чистой олеиновой кислоты для выявления ее влияния на противоизносные свойства исследуемого индустриального масла [27–29]. Результаты проведенных опытов представлены в таблице 3, а так же на рисунке 3.9.

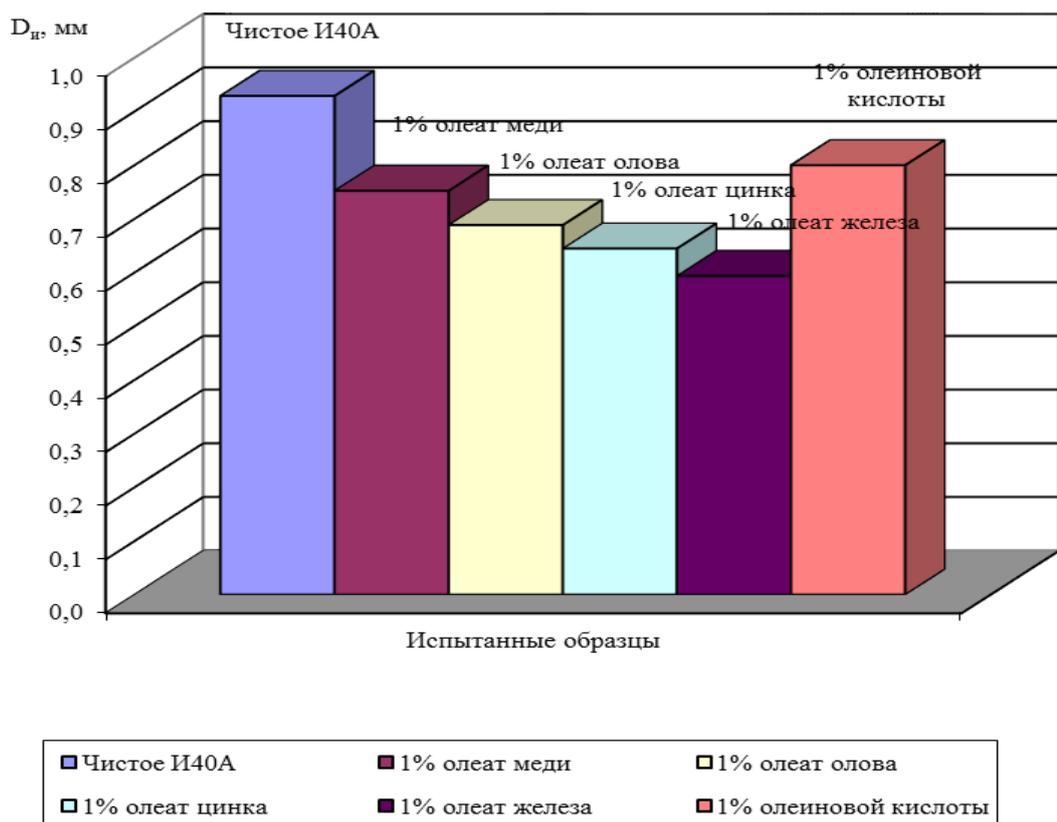


Рисунок 3.9 – Результаты испытаний для И40А

Таблица 3 – Результаты измерений для И40А

Образец	$D_{cp}^*$ , мм	$D_{и}$ , мм
Чистый И40А измерение вдоль	0,932	0,929
Чистый И40А измерение поперек	0,926	
И40А +1% олеат меди, измерение вдоль	0,746	0,752
И40А +1% олеат меди, измерение поперек	0,758	
И40А +1% олеат олова, измерение вдоль	0,687	0,688
И40А +1% олеат олова, измерение поперек	0,690	
И40А +1% олеат цинка, измерение вдоль	0,640	0,644
И40А +1% олеат цинка, измерение поперек	0,649	
И40А +1% олеат железа, измерение вдоль	0,591	0,593
И40А +1% олеат железа, измерение поперек	0,596	
И40А +1% олеиновой кислоты, вдоль	0,789	0,800
И40А +1% олеиновой кислоты, поперек	0,810	

здесь  $D_{cp}^*$  – средний диаметр пятна износа замеров вдоль или поперек,  $D_{и}$  – средний диаметр пятна износа.

Испытанные образцы различных вариантов присадок представлены на рисунках 3.10 – 3.15.



Рисунок 3.10 – Чистый И40А



Рисунок 3.11 – И40А +1% олеата меди

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ

Лист

47



Рисунок 3.12 – И40А +1% олеата олова



Рисунок 3.13 – И40А +1% олеата цинка

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ

Лист

48



Рисунок 3.14 – И40А +1% олеата железа

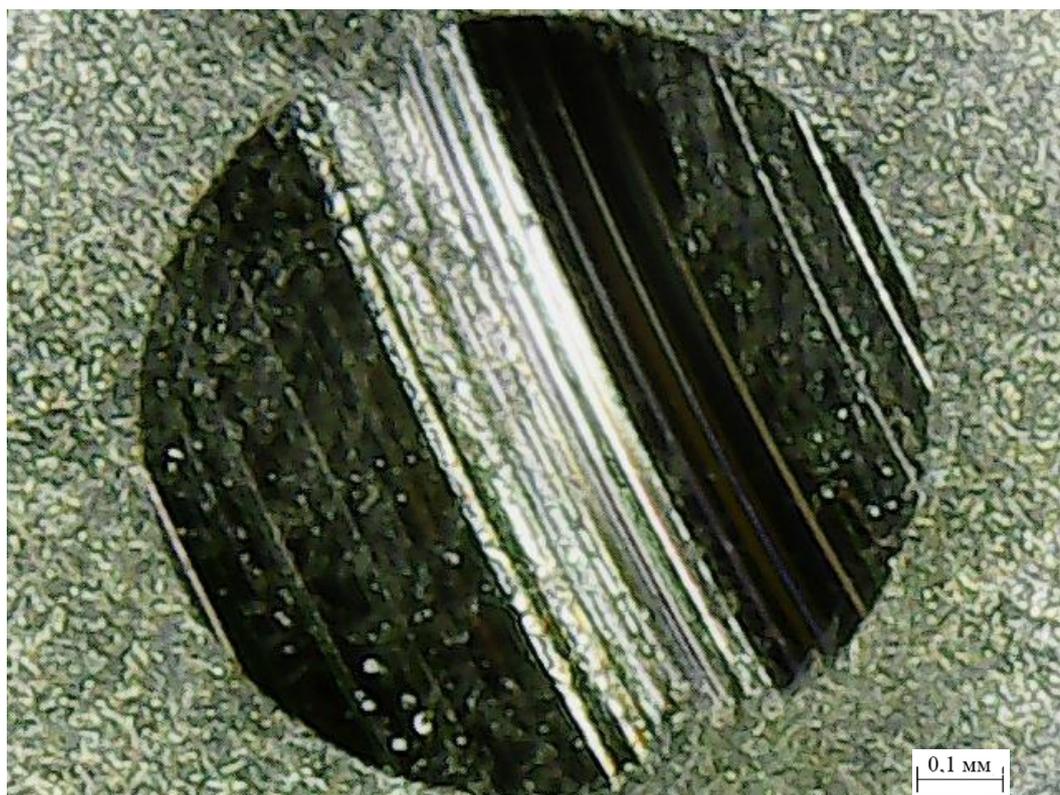


Рисунок 3.15 – И40А +1% олеиновой кислоты

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ

Лист

49



олеиновой кислоты на диаметр пятна износа на образцах не так велико, как олеатов металлов.

### 3.7 Испытания моторных масел для двухтактных ДВС

Для исследования влияния металлосодержащих добавок на противоизносные свойства двухтактного моторного масла были проведены испытания чистых масел «Eni i-Ride Racing moto 2t», «Motul 710 2t». После чего, на ЧМТ-1 были испытаны образцы данных смазок с добавлением олеата меди, синтезированного в химической лаборатории кафедры «Автомобильных транспорт» в ЮУрГУ (НИУ). Так как для двухтактных моторных масел не была известна наименьшая эффективная концентрация олеата меди, были проведены испытания с концентрациями 0,5% и 1% от общего объема смазочного материала. Результаты проведенных опытов представлены в таблицах 4 – 5, а так же на рисунках 3.16 и 3.20.

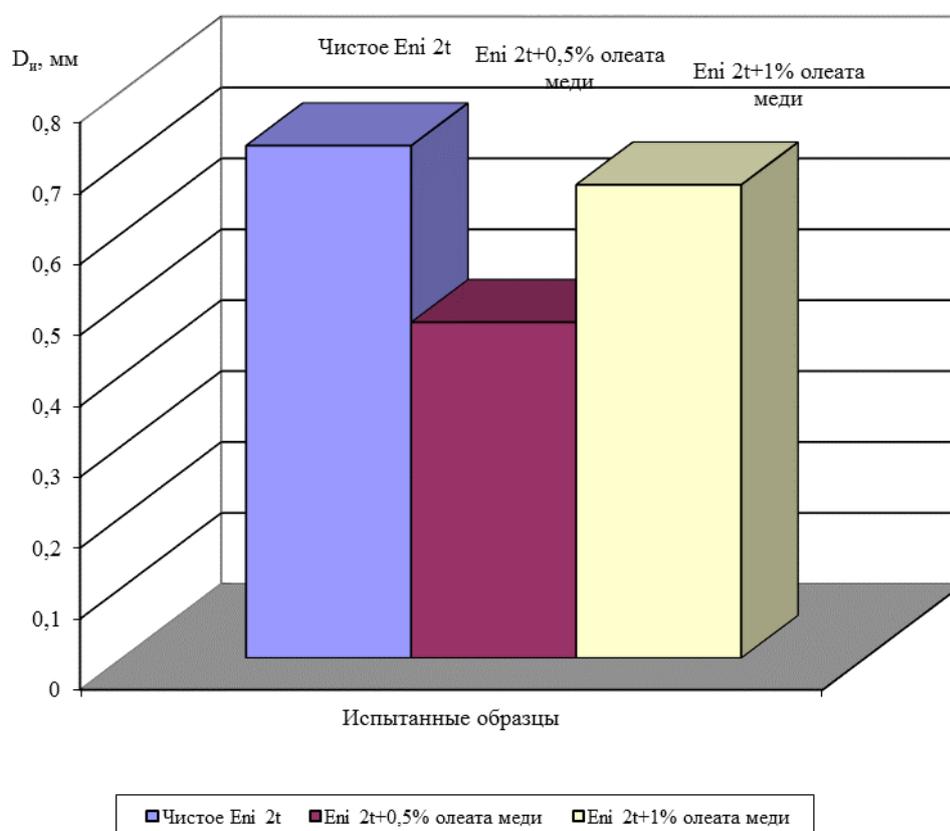


Рисунок 3.16 – Результаты испытаний для «Eni 2t»

Таблица 4 – Результаты измерений для «Eni 2t»

Образец	$D_{cp}^*$ , мм	$D_{и}$ , мм
Чистое Eni 2t измерение вдоль	0,702	0,723
Чистое Eni 2t измерение поперёк	0,743	
Eni 2t +0,5% олеата меди измерение вдоль	0,465	0,474
Eni 2t +0,5% олеата меди измерение поперёк	0,482	
Eni 2t +1% олеата меди измерение вдоль	0,662	0,667
Eni 2t +1% олеата меди измерение поперёк	0,673	

здесь  $D_{cp}^*$  – средний диаметр пятна износа замеров вдоль или поперек,  $D_{и}$  – средний диаметр пятна износа.

Испытанные образцы с пятнами износа представлены на рисунках 3.17-3.19.

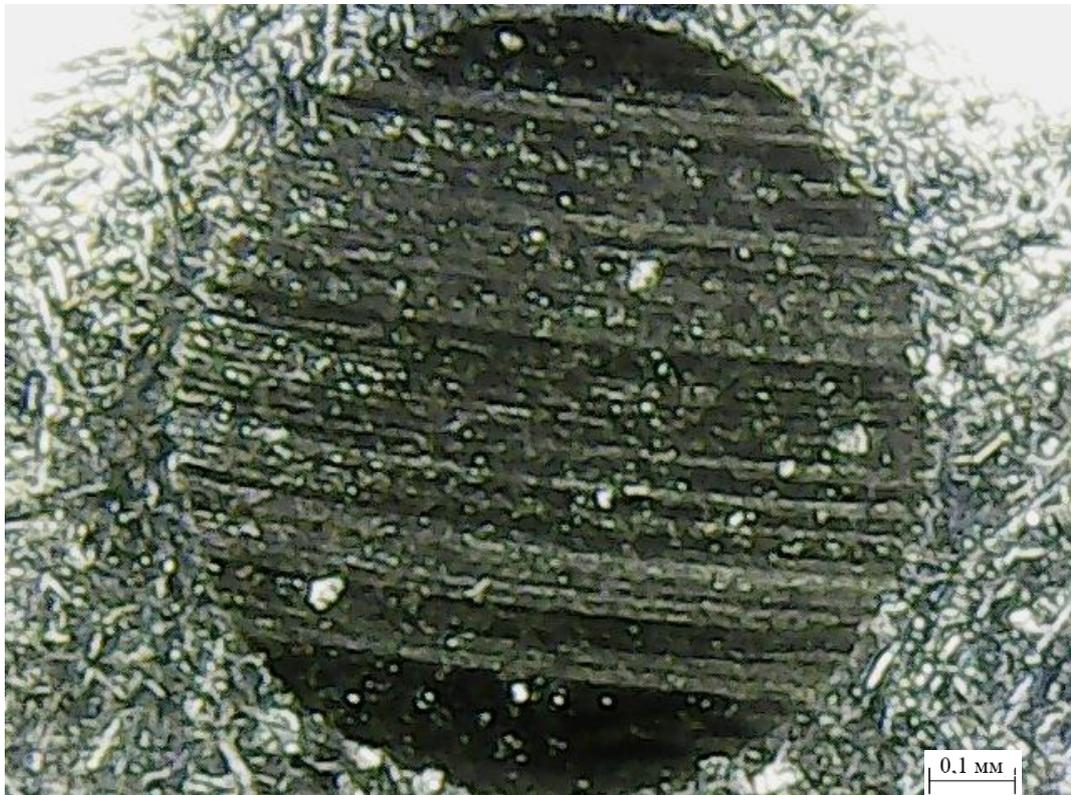


Рисунок 3.17 – Пятно износа при испытании чистого Eni 2t

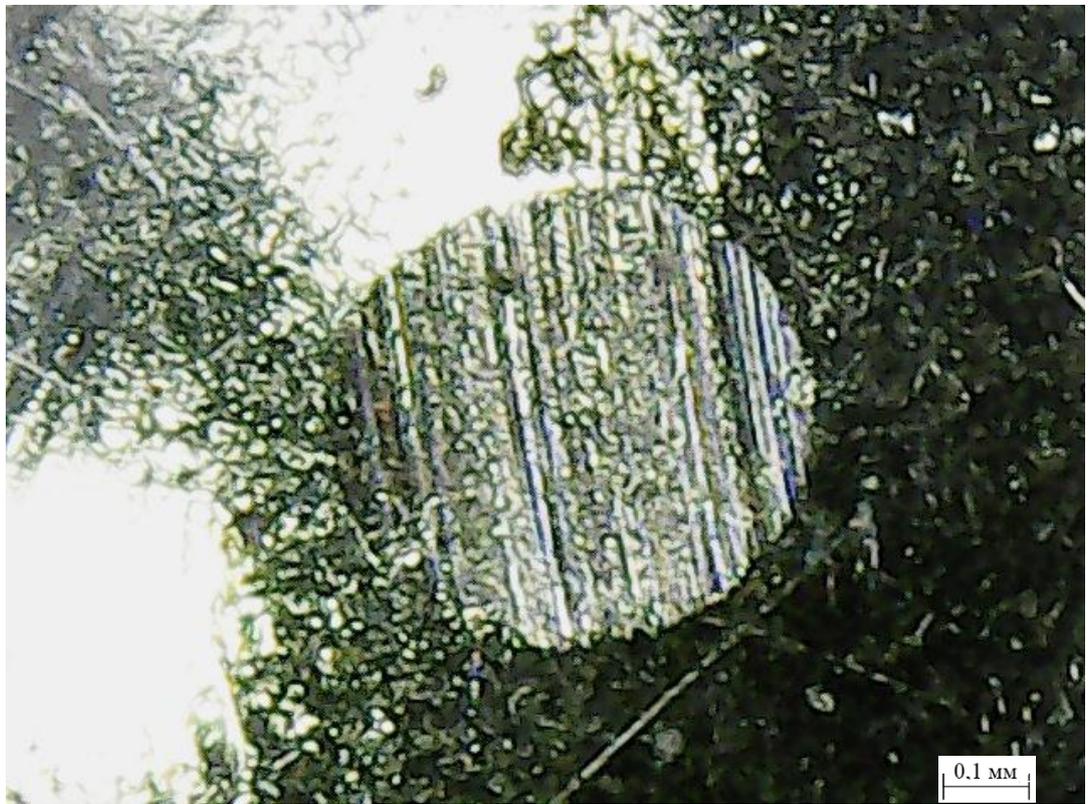


Рисунок 3.18 – Пятно износа при испытании Eni 2t + 0,5% олеата меди

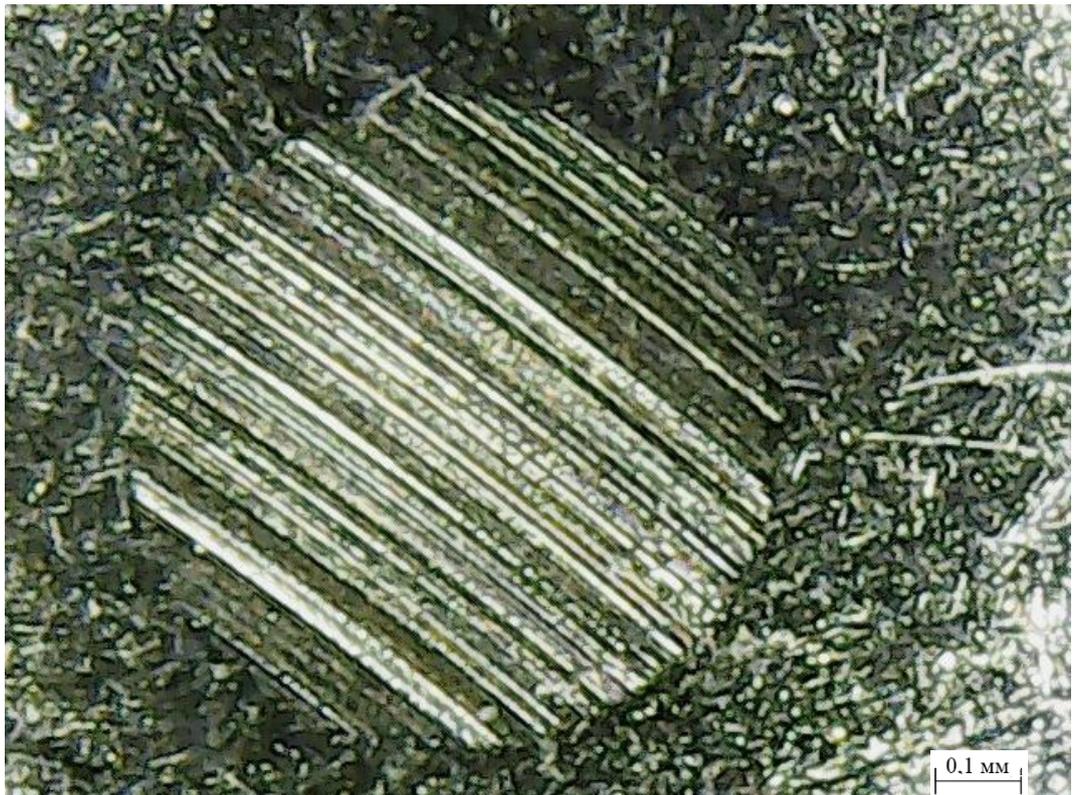


Рисунок 3.19 – Пятно износа при испытании Eni 2t + 1% олеата меди

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ

Лист

53



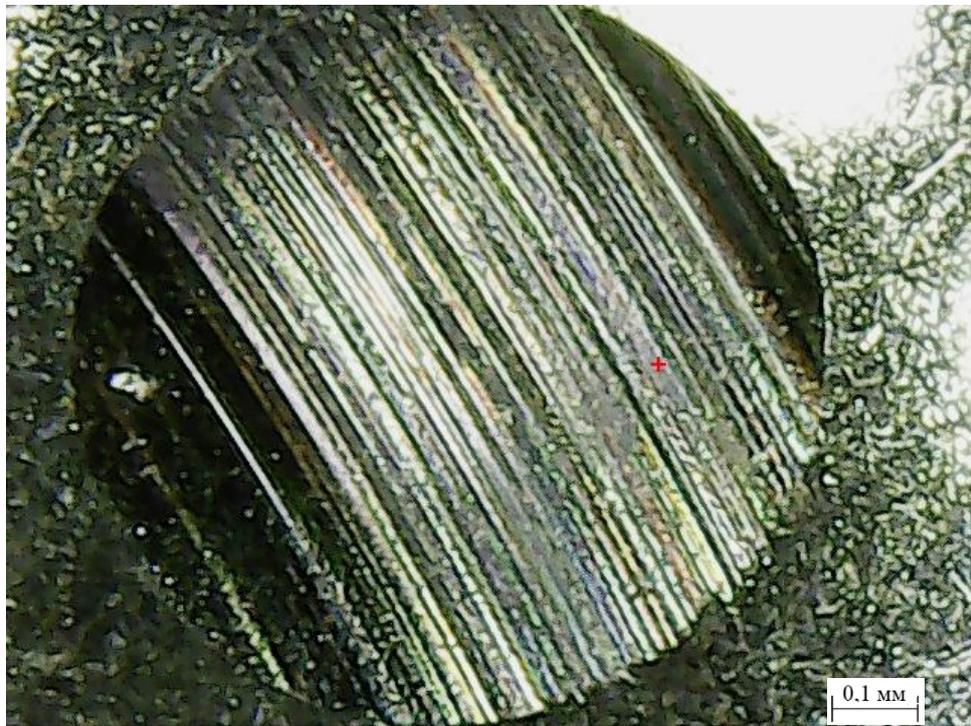


Рисунок 3.21 – Пятно износа при испытании чистого Motul 2t



Рисунок 3.22 – Пятно износа при испытании Motul 2t + 0,5% олеата меди



Рисунок 3.23 – Пятно износа при испытании Motul 2t + 1% олеата меди

### 3.8 Выводы по исследованиям масел для двухтактных ДВС

Исходя из результатов опытов, проведенных на четырехшариковой машине трения в лаборатории триботехники кафедры «Автомобильный транспорт» в ЮУрГУ (НИУ) над образцами масел «Eni i-Ride Racing moto 2t» и «Motul 710 2t» с добавлением олеата меди в разном соотношении, были сделаны следующие выводы:

1. Относительно чистых товарных масел «Eni i-Ride Racing moto 2t» и «Motul 710 2t» образцы данных масел с добавлением олеата меди показали улучшенные противоизносные свойства. Диаметры пятен износа на образцах испытанных в маслах с олеатом меди меньше, чем диаметры пятен износа на шариках испытанных в чистых маслах.

2. В ходе исследования была определена наиболее эффективная концентрация для применения металлосодержащей добавки в масла для двухтактных двигателей внутреннего сгорания. При добавлении 1% олеата меди в оба исследуемых масла диаметры пятен износа уменьшились на 8%. Однако при

										Лист
										56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ					

добавлении 0,5% олеата меди в «Eni i-Ride Racing moto 2t» диаметр пятна износа уменьшился на 35%, тогда как при добавлении 0,5% синтезированной добавки в масло «Motul 710 2t» диаметр пятна износа уменьшился всего на 12%. Данные результаты показывают, что концентрация олеата меди 0,5% относительно общего объема смазочного материала более эффективно влияет на противоизносные свойства масла, чем концентрация 1%.

					<i>23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		57



при концентрации 0,5% олеата меди влияние металлосодержащей добавки на противоизносные свойства обоих испытуемых смазочных материала увеличивается (в сравнении с концентрацией 1%). Так, при концентрации 1% в маслах «Eni i-Ride Racing moto 2t» и «Motul 710 2t» диаметр пятна износа уменьшился на 8% в обоих случаях, а при концентрации 0,5% в масле «Eni i-Ride Racing moto 2t» диаметр уменьшился на 35%, в масле «Motul 710 2t» – на 12%.

Используя результаты данных исследований компания GR-7 запустила производство собственной серии противоизносных металлосодержащих добавок в масла для четырехтактных и двухтактных двигателей внутреннего сгорания.

					<i>23.03.03.2019.177.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		59

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кужаров А.С. Металлоплакирующие смазочные материалы. Долговечность трущихся деталей машин. Выпуск 3 (Металлические смазки. Долговечность фрикционных деталей машин. Выпуск 3) / Кужаров А.С., Онищук Н. Ю. – Москва: Изд-во Машиностроение, 1988. –143с.
2. Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и износ) / Гаркунов Д. Н. – Москва: Изд-во Машиностроение, 2001. – 126 с.
3. Шпеньков Г.П. О явлении избирательного переноса. Долговечность трущихся деталей машин. Выпуск 4 (О явлении избирательного переноса. Прочность фрикционных деталей машин. Выпуск 4) / Шпеньков Г.П. – Москва: Изд-во Машиностроение, 1990. – 234 с.
4. Заславский Ю. С. Трибология смазочных материалов / Заславский Ю. С. – Москва: Изд-во Химия 1991. – 240 с.
5. Гаркунов Д.Н. Избирательный перенос в узлах трения / Гаркунов Д.Н., Крагельский И.В., Поляков А.А. – Москва: Изд-во Транспорт, 1969. – 156 с.
6. Остриков В.В. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / Остриков В.В. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 304 с.
7. Черноиванов В.И. Повышение долговечности машин и ремонтно-технологического оборудования применением методов безразборного ремонта и реновационных технологий: учебное пособие для вузов / Черноиванов В.И. – Москва: Изд-во ФГБНУ ГОСНИТИ, 2015. – 236 с.
8. Гительман Д.А. Безызносная эксплуатация двигателей внутреннего сгорания: Технологические рекомендации / Гительман Д.А., Ольховацкий А.К. – Челябинск, 2015 – 52 с.
9. Гительман Д.А. Повышение послеремонтной долговечности автотракторных двигателей применением трибопрепаратов / Гительман Д.А. – Москва, 2016 – 135 с.
10. «Учебное пособие для учащихся «Моторные масла». – <https://kopilkaurokov.ru/tehnologiyam/prochee/uchebnoieposobiiedliauchashchikhsiamotornyimasla.html>

										Лист
										60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

23.03.2019.177.00.00 ПЗ

11. «Московский Центр Смазочных Материалов» – [http://mitlis.ru/info/articles/vse\\_stati/obshchie\\_svedeniya\\_i\\_rekomendatsii\\_po\\_ekspluatatsii\\_gidravlicheskih\\_masel/](http://mitlis.ru/info/articles/vse_stati/obshchie_svedeniya_i_rekomendatsii_po_ekspluatatsii_gidravlicheskih_masel/)

12. Пат. 2398010 Российская Федерация. Многофункциональная композиция для нанесения покрытий на металлы для моторных, трансмиссионных и промышленных масел / Бабель В.Г., Гаркунов Д.Н. 6.03.09. – 5 с.

13. Быстров В.Н. Эффект безызносности и его применение в технике. Долговечность трущихся деталей машин. Выпуск 5 (Эффект износостойкости и его использование в технике. Долговечность фрикционных деталей машин. Выпуск 5) / Быстров В.Н. – Москва: Изд-во Машиностроение, 1990. – 322 с.

14. Школьников В.М. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / Школьников В.М. – Москва: Издательский центр «Техинформ», 1999. – 596 с.

15. Быстров В.Н. Присадка для смазывания металлов для смазочных композиций / Быстров В.Н., Ставровский М.Е., Лукашев Е.А. – Москва: Изд-во Машиностроение, 2005. – 231 с.

16. Балабанов В.И. Присадки металлосодержащие для смазочных композиций / Балабанов В.И., Антонов В.Н., Быстров В.Н. – Москва: Изд-во Транспорт, 1995. – 96 с.

17. Полюшкин, Н.Г. Основы теории трения, износа и смазки: учеб. пособие / Полюшкин, Н.Г. – Красноярск: Изд-во Краснояр. гос. аграр. ун-та, 2013. – 192 с.

18. Иншаков С.В. Металлоплакирующие присадки к смазочным материалам / Иншаков С.В., Балабанов В.И., Ищенко С.А., Клепцова Ю.Д. – Москва: Изд-во Транспорт, 2012. – 146 с.

19. Кнунянц И.Л. Химический энциклопедический словарь. Советская энциклопедия / Кнунянц И.Л. – Москва: Изд-во «Советская энциклопедия», 1983. – 435 с.

20. Фирковский А.В. Структурирование трибологической системы в условиях избирательного переноса. Долговечность трущихся деталей машин. Выпуск 4 (Структурирование трибологической системы в условиях селективного

										Лист
										61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

23.03.2019.177.00.00 ПЗ

