

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.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–230403.2019.223.00 ПЗ ВКР

Исследование влияния металлосодержащих добавок на противоизносные свойства моторных и трансмиссионных масел

Руководитель
доцент каф. АвТ
_____ И. Г. Леванов
« ___ » _____ 2019 г.

Автор ВКР
студент группы П–219
_____ Г.А. Сериченко
« ___ » _____ 2019 г.

Нормоконтролер
доцент каф. АвТ
_____ А.А. Дойкин
« ___ » _____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Сериченко Г.А. – Исследование влияния металлосодержащих добавок на противоизносные свойства моторных и трансмиссионных масел. – Челябинск: ЮУрГУ, АТ, 2019. – 79 с., 22 ил., библиографический список – 28 наименований.

В данной выпускной квалификационной научно-исследовательской работе выполнено исследование влияния металлосодержащих присадок на противоизносные свойства моторных и трансмиссионных масел. Осуществлен обзор литературы по подробным исследованиям, произведены эксперименты, проведен анализ, сделаны соответствующие выводы.

					230403 2019 223 00 ПЗ			
<i>Изд.</i>	<i>Ли</i>	<i>№</i>	<i>Подп.</i>	<i>Да</i>	Проект станции технического	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листо</i>
<i>Разраб.</i>	<i>документа</i>							
<i>Пров.</i>	<i>Сериченко</i>					ЮУрГУ		
<i>Рецен.</i>	<i>Г.А.</i>							
<i>Учред.</i>	<i>Г.А.</i>							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	12
ГЛАВА 1 ТЕОРИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	13
1.1 Обзор литературы по моторным и трансмиссионным маслам	13
1.2 Обзор литературы по добавкам к маслам	14
1.3 Теория по свойствам моторных масел.	24
1.4 Обзор литературы по трансмиссионным маслам.	29
1.5 Обзор литературы по металлоплакирующим добавкам.	35
1.6 Оборудование для экспериментальной части.....	40
1.6.1 Устройство и работа ЧШМ.....	41
1.6.2 Конструкция машины трения	41
1.6.3 Основные технические данные машины ИИ 5018	54
ГЛАВА 2 ЭМПИРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	62
2.1 Цель и задача исследования.	62
2.2 Испытания смазочных материалов на ЧМТ-1	62
2.2.1 Испытания трансмиссионного масла.....	64
2.2.2 Испытания моторного масла	66
2.2.3 Испытания индустриального масла.....	68
2.3 Испытания смазочных материалов на машине трения ИИ5018.....	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	81

ГЛАВА 1 ТЕОРИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Обзор литературы по моторным и трансмиссионным маслам

Растет потребление моторных и трансмиссионных масел вместе с ростом парка автомобилей.

Основное назначение смазочных материалов - уменьшение износа трущихся деталей и снижение затрат энергии на преодоление трения. Кроме этих функций, смазочные материалы выполняют и другие: отводят тепло от трущихся пар, предохраняют детали от коррозии, очищают поверхности трения от продуктов износа и других примесей, герметизируют узлы трения.

Период эксплуатации делится на 3 этапа: обкатка (характерно уменьшение высоты шероховатости поверхности узлов трения, что сопровождается увеличением износа, однако интенсивность изнашивания резко снижается), нормальная работа (характерно постоянное значение интенсивности изнашивания поверхностей трения и постепенное увеличение износа до предельного значения), этап катастрофического изнашивания (характерно резкое увеличение интенсивности изнашивания и резкий рост износа, в этом случае эксплуатация узла или агрегата становится экономически нецелесообразно или опасна)

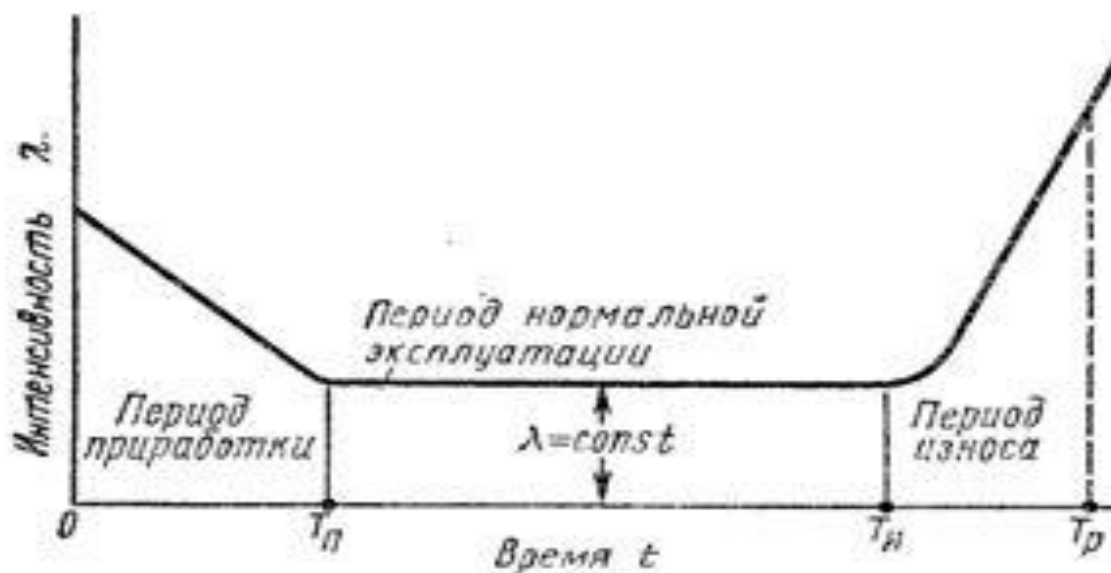


Рисунок 1.1- Интенсивность изнашивания в разные периоды

Таким образом, основные резервы по увеличению ресурса узла агрегата заложены именно в способах снижения интенсивности изнашивания в период

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

13

обкатки и в период нормальной работы, снижая интенсивность изнашивания и износ во время обкатки, а также сокращая время обкатки продлевается общий ресурс узла или агрегата, аналогичный эффект достигается при уменьшении интенсивности изнашивания в период нормальной работы.

1.2 Обзор литературы по добавкам к маслам

В эксплуатационные материалы такие как моторные и трансмиссионные масла для снижения износа вносят противоизносные добавки.

По принципу действия противоизносные присадки делят на три группы:

— противоизносные присадки, увеличивающие липкость и смазываемость (в эту группу входят и модификаторы трения);

— противозадирные присадки;

— твердые противоизносные и противозадирные присадки.

Противоизносные присадки, увеличивающие липкость и смазываемость

При нормальном смазывании, из-за взаимодействия полярных групп молекул масла с поверхностью металла, на поверхностях трения образуется адсорбированная пленка масла. При граничном смазывании, сила трения и износ в значительной степени зависят от стойкости этой пленки и силы взаимодействия молекул масла с поверхностью металла, т.е. от смазывающей способности и липкости масла.

Для уменьшения износа и увеличения липкости, в масло вводятся противоизносные присадки -жирные спирты, амиды, сложные эфиры, соединения фосфора и др., образующие химическую связь с поверхностью металла. При помощи таких присадок улучшается липкость даже при низкой вязкости масла. Чем больше прочность образованной пленки и чем сильнее она связана с поверхностью металла, тем меньше может быть вязкость масла для достижения такого же смазывающего эффекта и уменьшения износа деталей, а с применением менее вязкого масла снижаются потери энергии на прокачиваемость.

Модификаторы трения.

Это присадки, регулирующие фрикционные свойства — коэффициент трения смазываемых поверхностей. В большинстве случаев требуется снижение потерь

									Лист
									14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				

на трение, например в двигателе. Однако в некоторые агрегаты трансмиссии включены фрикционные механизмы — сцепления и тормоза мокрого типа, замедлители, блокирующие устройства, синхронизаторы и др., которые находятся в масле и должны обеспечить хорошее сцепление трущихся поверхностей и предотвращение их проскальзывания. В этих случаях находят применение присадки, повышающие трение.

Модификаторы, понижающие трение.

Для снижения потерь на трение в двигателе, а тем самым и для снижения расхода топлива, в масло вводятся присадки, уменьшающие коэффициент трения. В качестве таких присадок применяются соединения, в молекуле которых имеется сильная полярная группа, обеспечивающая хорошее прилипание и длинная линейная цепочка, обеспечивающая хорошее скольжение. Применение подобных присадок, создает дополнительные возможности для создания, "энергосберегающих" масел.

Модификаторы, повышающие трение.

Такие присадки одновременно понижают возможность возникновения шума и вибраций, вследствие скольжения со скачками коэффициента трения, характерного в мощных узлах трансмиссий с тормозами мокрого типа. В качестве таких присадок применяются соединения, в молекуле которых имеется сильная полярная группа, обеспечивающая хорошее прилипание и короткая линейная часть, при определенных условиях обеспечивающая хорошее сцепление. Такими соединениями являются некоторые детергенты, сульфиды. Эти присадки добавляются в масла для гидромеханических передач, автоматических коробок передач, дифференциалов повышенного трения и др.

Присадки, вводимые с целью уменьшения шума и повышения плавности работы гидромеханических передач, называются противозумными присадками. Это производные природных жирных кислот и серы, фосфониевые кислоты. В масла, предназначенные для механизмов, работающих в условиях ограниченного скольжения, например, в масла самоблокирующегося дифференциала (для подавления рывков и вибрации, возникающих при работе агрегата),

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				

вводятся противовибрационные присадки. Это жирные кислоты, высшие спирты и амины, диалкилфосфиты и др.

Противозадирные присадки, EP присадки.

Адсорбционная пленка может разрушаться в результате высокой нагрузки и возникающего нагрева контактирующих поверхностей металла (более 150 — 190°C). Вследствие этого, трение и нагрев поверхности металла повышаются еще больше, вплоть до сваривания, заедания, слипания деталей. Сваривание может быть подавлено присадками, содержащими соединения серы, фосфора, хлора и др., которые в местах наивысшего трения и высоких температур разлагаются с выделением соответствующих активных элементов, реагирующих с металлом и образующих сульфидную, фосфидную, хлоридную и хемосорбционную пленку — твердую смазку. Такая пленка является значительно более стойкой, чем адсорбционная, и может защитить поверхности трения от износа в условиях большой нагрузки и высокой температуры. Поэтому присадки, образующие твердую хемосорбционную пленку, называются разделяющими противозадирными присадками или присадками высокой предельной нагрузки.

В основном противозадирные присадки предназначены для повышения несущей способности трансмиссионных масел, особенно для гипоидных передач, промышленных масел и пластичных смазках (процессы выравнивания и полировки являются недопустимыми для хонингованных поверхностей двигателей внутреннего сгорания и строго лимитируются современными международными спецификациями для моторных масел). Часто применяют присадку универсального действия, имеющую в своем составе и фосфор, и серу — Диалкилдитиофосфат цинка. Диалкилдитиофосфат цинка отличается не только противозадирными, но и антиокислительными, антикоррозионными и др. свойствами.

Высокая химическая активность противозадирных присадок не всегда приводит к желаемому результату (при очень высокой химической активности образуется толстая плёнка, которая плохо удерживается на поверхности металла). Кроме того, присадки, содержащие особо активные соединения хлора и серы,

									Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				

могут вызвать коррозию цветных металлов (особенно медных сплавов), поэтому масла с активными противозадирными присадкам более пригодны для пар трения сталь — сталь и применять их для синхронизирования передач надо с большой осторожностью.

Количество и эффективность противозадирных присадок является признаком классификации трансмиссионных масел по API, чем выше категория (API GL-3, GL-4, GL-5) тем больше их концентрация.

Твердые противозадирные присадки

Твердые противозадирные присадки — в виде дисульфид молибдена, политетрафторэтилена (фторопласт, "Тефлон", ПТФЭ, PTFE) и графита в масле имеют коллоидную структуру, а на поверхности трущихся деталей образуют твердую и прочную противоизносную и противозадирную пленку. Их критическая рабочая температур выше, чем других антифрикционных присадок. Уменьшение трения достигается за счет легкого скольжение слоистой присадки. Такие твердые присадки в основном добавляются для улучшения смазывающих свойств пластичных смазок, однако некоторые производители выпускают масла с дисульфидом молибдена.

В настоящее время выпускается большое количество препаратов — добавок к маслам, которые заливаются в картер двигателя. Их основу, как правило, составляет, одна из твердых присадок, либо соединение молибдена, либо полиэтилентерефталата. Как нефтекомпания, так и автомобилестроители отрицательно смотрят на такие добавки и своим клиентам не рекомендуют их применять. Однако спрос на такую продукцию возрастает, особенно со стороны владельцев поддержанных автомобилей. Особую осторожность следует соблюдать при применении присадок, содержащих поверхностно-активные вещества (ПАВ) применяемые для резки металлов. Действие этих присадок основано на разупрочнении поверхностей металлов (что приводит к значительному снижению трения и увеличению износа).

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				17

В качестве противоизносных присадок сегодня используют диалкилдиалфосфаты металлов, как правило товарное моторное или трансмиссионное масло содержит весь комплекс присадок, в том числе, по разным оценкам 1-3% противоизносных. Однако для отечественного рынка характерна тенденция добавления различных добавок к товарным смазкам для улучшения их отдельных свойств, в частности, противоизносных. Несколько видов добавок: мелкодисперсные порошки (серпентин, молибден, мягкие металлы), маслорастворимые добавки (валена, купер и т.д.). У каждой из этих добавок есть свои плюсы и минусы.

Здесь приведена классификация триботехнических составов из работы Д.А. Гительмана – добавок к моторным маслам. Модифицирование процессов трения для улучшения технических характеристик сопряжений может быть достигнуто двумя принципиально различными способами: путем воздействия на трибосреду или же на сами поверхности трения. Воздействие на трибосреду осуществляют способами улучшения рабочих свойств смазки и поддержания их на приемлемом уровне в течение заданного ресурса узлов трения применением присадок. К настоящему времени разработана и промышленностью выпускается очень большая номенклатура присадок для большинства марок смазочных масел. Практически все моторные и трансмиссионные масла содержат те или иные присадки в объеме до 20 %.

Воздействия на поверхности трения осуществляют способами создания заметной защитной пленки на поверхностях трения деталей применением не присадок, а совершенно других препаратов как органической, так и неорганической природы, которые называют добавками или триботехническими составами.

Добавки природного происхождения называют геомодификаторами (ГМТ – минеральный модификатор трения). Добавки вводят в масла не при изготовлении смазок, а в условиях эксплуатации, при техническом обслуживании или текущем ремонте ДВС и в существенно меньшем количестве (0,01%...0,05%). Кроме того, добавки, являясь обычно инертными веществами, почти не взаимодействуют с

						Лист
					23.04.03.2019.223.00 ПЗ	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

маслами, вследствие чего практически не изменяют их свойств. В данном случае масла являются лишь средством их доставки к месту сопряжения деталей.

В связи с отсутствием в техническом сервисе машин принятой терминологии добавок, в работе могут использоваться термины: трибопрепараты, трибоматериалы, трибодобавки, триботехнические составы, ремонтно-восстановительные составы, наноматериалы, нанодобавки и другие. В процессе трения сопряжений, только при соответствующих нагрузке и температуре, в течение определенного, порой длительного, времени. По механизму воздействия на поверхности трения современные добавки можно отнести к двум видам. Одни образуют на поверхностях деталей недолговечные антифрикционные пленки, в основном, без участия процессов трения. В зависимости от состава добавок фрикционная поверхность может плакироваться полимерной, металлической или пленкой сложного состава в результате физической адгезии, электроосаждения, а у химически активных добавок – в результате хемосорбции. Другие добавки, на основе ГМТ, образуют более долговечные антифрикционные пленки, но только в процессе трения, частично компенсируя износ трущихся поверхностей деталей, частично восстанавливая геометрию их поверхностей. Механизм действия ГМТ в настоящее время изучен не достаточно. Как по механизму воздействия, так и по составу образуемого антифрикционного покрытия известны противоречивые суждения.

В целом, основные, положительно зарекомендовавшие себя добавки отечественного и импортного производства, по составу, а отсюда по физико-химическим процессам и свойствам их покрытий можно классифицировать на такие группы: 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. Фото добавок представлены на рисунке 1.2.

									Лист
									19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				



Рисунок 1.2 – Виды товарных присадок.

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 RemetallisantMoteur, 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, образующие физической адсорбцией, без влияния процессов трения временные полимерные пленки: Форум, Аспект-модификатор, Универсальный модификатор, PMF-200, Slider-2000, SLIK 50 и другие отечественные и импортные. Эти препараты формируют пленки не только в

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

20

сопряжениях трения, но и на других поверхностях деталей агрегатов, в т.ч. в масляных каналах, сужая или закупоривая их, что в 90-х годах прошлого столетия привело к эпидемии аварий ДВС.

В странах Европы и США применение фторорганических препаратов крайне ограничено из-за образования при их сгорании в ДВС вредных веществ. Пионер производства тефлона (PTFE) американская фирма Дюпон с начала 2000-х годов прекратила его производство; г) химически активные препараты – галогенированные (по фтору, хлору, йоду) производные углеводородов, например, на основе хлорпарафинов (марки ER, SMT, SMT-2, DuraLube, отечественный Fenom и их разновидности), а также соединения на основе серы и фосфора и многие другие, состав которых зачастую не раскрывается и их трудно классифицировать. Хемосорбция этих препаратов модифицирует на небольшую глубину поверхности деталей, временно придавая сопряжениям трения высокие антифрикционные свойства; д) эпиламы и различные фторПАВ-препараты: промышленные типа 6СФК-180-05 и другие. Эти препараты хемосорбцией формируют на глубину до 40 Å защитный слой фторидов железа, а адсорбцией на поверхности деталей образуют «молекулярный ворс» высотой до 40-80 Å, удерживая в себе компоненты смазки. е) органические вещества с необычайно высокой адгезией к металлическим поверхностям, создающие на них прочный защитный «молекулярный ворс». Это серия препаратов Энергия 3000 (эпиламоподобный препарат без фтора) для всего разнообразия узлов, агрегатов и систем смазки, топливоподдачи, гидравлики. По видимому к этому классу можно отнести и трибопрепарат из США «Микро Х3» на основе фторкарбонатной смолы.

Последний – очень эффективный трибопрепарат, мгновенно снижающий трение, повышающий нагрузочную способность сопряжений дозадира более чем в 5 раз, снижающий износ на два порядка, также, как и комплект препаратов фирмы Wagner; ж) высокодисперсные порошки природных минералов с удельной энергоплотностью, их масляные суспензии или гели, например, слоистые гидросиликаты магния (серпентины), в комплекте Российских препаратов РВС,

									Лист
									21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				

НИОД, АРТ, ТСК-М, СУПРОТЕК, Живой металл, RUTEC-reanimator, МЕГАФОРС, ЭДИАЛ, РВД, ХАДО, ТРИБО, SUPRO, Motordocor и иностранных аналогов: НПО «Руспромремонт» создало и несколько других трибопрепаратов и их производств: RVS-metaryzer в Японии, «РВС – Голубой нефрит в Китае», TFT во Вьетнаме, REWITEC в Германии, RVS-Тес ОУ в Финляндии, REWITEC в Германии, RESTAL в Швеции. В будущем возможны и алюмогидросиликаты магния - или хлориты. Подчеркнем, что в Японии с 2005 г. производится несколько серпентиновых трибопрепапратов, созданных совместно с НПО «Руспромремонт» под брендами RVS Technology и MRS Technology (MRS – MetalRecrystallizationCatalist). Конкретно выпускаются трибопрепараты: ME- 11 TARIZER EX (Metal surface treatment), Metallion Power chip P250, Metarizer professional service. Все эти препараты по мало изученным физико-химическим процессам на поверхностях, в основном черных металлов, обеспечивают, но только при трении, образование внешней прочной антифрикционной пленки толщиной от долей до десятков микрон.

Отличительными свойствами РВС-покрытий является высокая чистота их светлой поверхности, прозрачность, твердость, слоистость, 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); з) 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 NanodiamondGreenRun и их зарубежные предшественники 60- 70-х годов из Англии и Голландии.

Серия алмазосодержащих добавок марки «Формула-В» может выполнять как профилактические, так и ремонтно-восстановительные функции. Ремонтно-восстановительные материалы, имеющие пленкообразующие элементы, полученные многоступенчатым синтезом, формируют антифрикционные

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ					22

покрытия с низким коэффициентом трения и высокой износостойкостью, частично залечивая повреждения поверхностей трения.

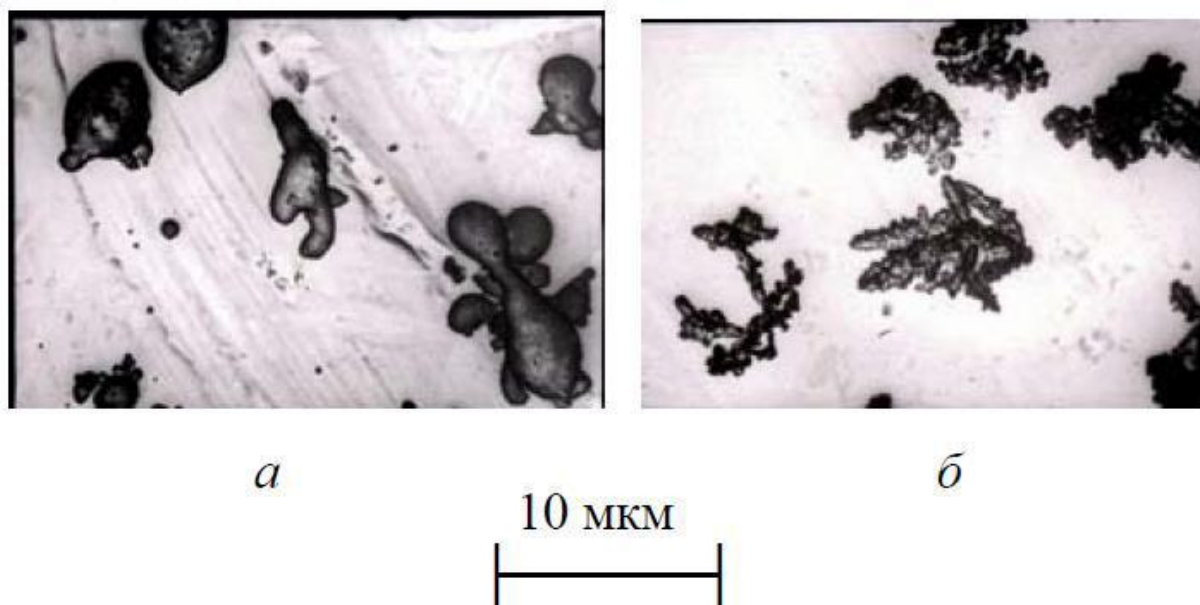


Рисунок 1.3 – Алмазосодержащие добавки по микроскопом.

Эти составы апробированы в разных маслах, работающих в широком диапазоне нагрузок, скоростей, температур. Гели с наноалмазами фракций Ф1 и Ф2 (препарат КАРАТ-5) в 2005 – 2012 г. прошли успешные испытания на группе грузовых и легковых автомобилей концерна «Норникель», на нескольких промышленных предприятиях Красноярска, на тракторах МТЗ-80 и Кировец. 12 и) трибополимеробразующие добавки к маслам и смазкам, например, ЭФ-357. Здесь поверхностная антифрикционная пленка образуется полимеризацией неперелых мономеров трибопрепарата каталитическим влиянием обнажаемых трением ювенильных поверхностей деталей. Пленка удерживается физической адсорбцией полимера, которая не велика при малой концентрации добавки. Но антифрикционные свойства пленки, как показано в ИМАШ РАН (г. Москва), эффективны; к) 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 дозадера, 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. Эффективность композиции АРВК подтверждена не только в лабораториях, но и на автотранспорте.

1.3 Теория по свойствам моторных масел.

Двигатель внутреннего сгорания является агрегатом в котором узлы трения работают в самых разнообразных условиях, для условий работы ДВС характерны режимы трения от граничного до гидродинамического, например контакт «кольцо-цилиндр» за один рабочий ход меняет три режима трения-гидродинамический, полужидкостный и граничный, сопряжение «коленвал-вкладыш» также работают в трех режимах трения, граничный и полужидкостный режим характерны для пуска и остановки, из за этого к противоизносным свойствам предъявляются жесткие требования.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ					24

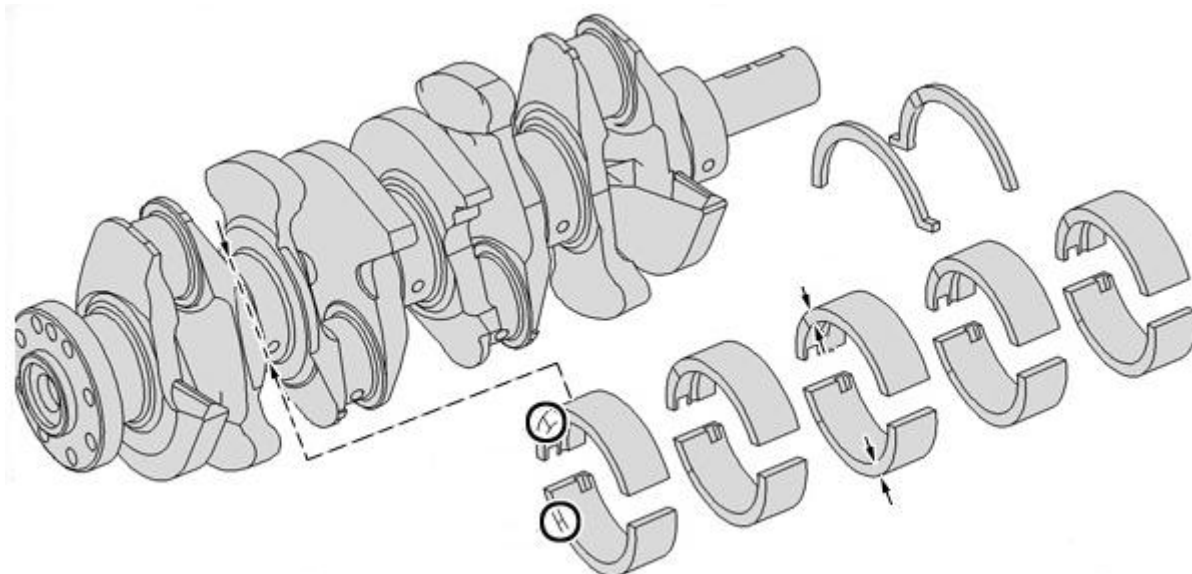


Рисунок 1.4 – Схема сопряжения «коленвал – вкладыш».

На надежность и долговечность автомобильных двигателей большое влияние оказывает качество применяемых моторных масел.

Условия работы масел в двигателях внутреннего сгорания постоянно ужесточаются. Форсирование нагрузочных и скоростных режимов двигателей, уменьшение удельной емкости системы смазки приводит к росту температуры основных деталей и, как следствие, к ускорению окисления масел.

Основная функция моторного масла — снижение трения и износа трущихся поверхностей деталей двигателя за счет создания на их поверхностях прочной масляной пленки.

Одновременно моторные масла должны обеспечивать:

- уплотнение зазоров в сопряжениях работающего двигателя и, в первую очередь, деталей цилиндро-поршневой группы;
- эффективный отвод тепла от трущихся поверхностей деталей, удаление из зон трения продуктов износа и других посторонних веществ;
- надежную защиту рабочих поверхностей деталей двигателя от коррозионного воздействия продуктов окисления масла и сгорания топлива;
- предотвращение образования всех видов отложений (нагары, лаки, зольные отложения, шламы) на деталях двигателя при его работе на различных режимах;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

25

даст возможность повсеместно и достоверно сопоставлять результаты контрольных испытаний.

Удовлетворение перечисленных требований возможно только при условии, что моторное масло обладает необходимыми физико-химическими свойствами, такими, например, как вязкость, температура застывания, химическая стабильность и ряд других.

Эти эксплуатационные требования оцениваются рядом физико-химических параметров, численные значения которых нормируются стандартом на каждую марку масла. В целом можно сказать, что для двигателей внутреннего сгорания нужны масла, имеющие оптимальную вязкость (вязкость должна быть минимальной, обеспечивающей жидкостное трение при максимальных нагрузках и температурах). Для создания надежного масляного слоя в зазорах трущихся пар нужно, чтобы с повышением давления масла увеличивали вязкость. Для обеспечения хороших пусковых свойств нужны масла с высоким индексом вязкости, возможно меньше меняющие вязкость при изменении температуры. Необходимо, чтобы температура застывания масла была на 5—10° ниже той, при которой эксплуатируются двигатели. Масло должно обладать высокими смазочными свойствами, чтобы при неустановившихся режимах работы двигателя (переменные нагрузки, периоды пуска и прогрева), когда не обеспечивается жидкостное трение, износ трущихся деталей был минимальным.

Масло должно иметь высокую температуру вспышки (снижение испарения и угара при эксплуатации двигателей). Масло, обладающее высокой термической устойчивостью, которая в стандартах нормируется коксовым числом, термоокислительной стабильностью и моющими свойствами в баллах, дает меньше высокотемпературных отложений. В маслах не должно быть коррозионно-активных соединений. Содержание нестабильных или малостабильных углеводородов, способных во время работы масла в двигателе образовывать агрессивные продукты, должно быть минимальным. Следовательно, масла должны иметь благоприятный химический состав углеводородов, низкую

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				28

коррозийность, небольшое количество органических кислот и не должны содержать минеральных кислот и воды.

Моторные масла должны иметь высокую химическую стабильность, т. е. не менять своих свойств при хранении, быть однородными по составу, не содержать воды и механических примесей, особенно абразивного характера. Кроме этого, масла должны быть дешевыми, недефицитными, нетоксичными и возможно менее огнеопасными.

Идеальных масел, в полной мере отвечающих всем перечисленным требованиям, нет. Одни масла в большей, другие в меньшей степени обеспечивают те или другие эксплуатационные требования. Поэтому сорт и марку масла выбирают в соответствии с типом двигателя (дизельный, карбюраторный), его конструктивными особенностями (наддув, степень сжатия, частота вращения), теплонапряженностью, специфическими условиями эксплуатации.

1.4 Обзор литературы по трансмиссионным маслам.

В трансмиссионные масла для повышения их служебных свойств добавляют композиции присадок (всего от 8 до 12 %). [5] В зависимости от выполняемых функций присадки к трансмиссионным маслам делят на следующие группы:

- модифицирующие трение и износ;
- противоизносные;
- противозадирные;
- антифрикционные;
- фрикционные;
- противопиттинговые;
- полимернообразующие;
- антиокислительные;
- противокоррозионные;
- защитные;
- противопенные;

										Лист
										29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ					

- моющие и диспергирующие;
- загущающие;
- депрессорные;
- деэмульгирующие;
- антисептические;
- регулирующие набухание эластомеров;
- регулирующие запах и стабилизирующие цвет, красители;
- увеличивающие адгезию и другие.

Все присадки, вне зависимости от их назначения, должны удовлетворять следующим требованиям:

- хорошо растворяться в смазочных маслах, к которым их добавляют, и сохранять растворимость в широком диапазоне температур;
- не вымываться водой и не подвергаться гидролизу;
- обладать малой летучестью, чтобы не испаряться из масла в процессе его работы;
- не вступать в реакцию с металлами, из которых изготовлены детали машин, за исключением тех случаев, когда такие реакции являются проявлением механизма действия присадок;
- не вступать в реакцию с другими присадками, присутствующими в масле, и не оказывать на них депрессивного действия;
- не оказывать вредного действия на конструкционные неметаллические материалы. [12]

Наиболее велика доля (до 5...7 %) противозадирных и противоизносных присадок. В числе последних используются серо-, фосфор- и хлорсодержащие соединения различного химического состава и строения. Часто используют также антиокислительные, депрессоры и противопенные присадки. В масла гидромеханических и гидрообъемных трансмиссий добавляют моющие присадки.

					23.04.03.2019.223.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Масла же для механических трансмиссий не содержат в своем составе детергентов.

В последнее время в трансмиссионные масла вводят высокотемпературные антифрикционные присадки в виде малорастворимых соединений или в виде суспензий графита или дисульфида молибдена (MoS_2). Эти модификаторы обеспечивают снижение коэффициента трения в сопряжении при граничной смазке, что, с одной стороны, уменьшает энергетические затраты и, следовательно, экономит топливо, а, с другой стороны, снижает тепловыделение в контакте, и таким образом повышает нагрузочную способность трансмиссий. Суспензии графита и дисульфида молибдена одновременно повышают противозадирные и противопиттинговые свойства масел. [5]

При прочих равных условиях смазывающие свойства трансмиссионных масел зависят от многочисленных факторов, определяемых в том числе и условиями эксплуатации. Они снижаются при попадании в масло абразива, воды, при аэрации масла и пр. Склонность к изнашиванию и задиру возрастает вследствие снижения вязкости масла (в основном из-за деструкции загущающей присадки) и его утечек, приводящих к уменьшению объема масла в системе смазывания и увеличению тепловой нагрузки на него. Как и при использовании моторных масел, особое место занимают пусковые износы, особенно заметно проявляющиеся при низкой температуре окружающего воздуха.

Регулировка вязкостно-температурных характеристик масла приводит к изменениям в лучшую сторону его смазывающих свойств. Для того чтобы увеличить нагрузочную способность масла и уменьшить питтинг-специальный вид изнашивания, характерный для механических трансмиссий, нужно повысить вязкость.

Повышение смазывающих свойств достигается введением в состав масла высокоэффективных гидролитически стабильных и противоизносных,

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				31

противозадирных и антифрикционных присадок, а также удалением из масла воды, воздуха, механических примесей, продуктов изнашивания и т. п. [4]

Известно использование пластичных смазочных материалов с различными наполнителями для трибосопряжений, работающих в тяжело нагруженных машинах и механизмах при повышенных давлениях и температурах. [13] Наполнители, или твёрдые добавки, – это обычно тонкодисперсные, нерастворимые в маслах и не образующие коллоидной структуры вещества представляющие в пластичных смазках самостоятельную дисперсную фазу, улучшающую их работоспособность.

Трансмиссионные масла используются в коробках передач, ведущих мостах, бортовых передачах, раздаточных коробках, механизмах рулевого управления колесной и гусеничной техники. Все эти агрегаты представляют собой зубчатые передачи — цилиндрические, конические, гипоидные и др.

Основное назначение трансмиссионных масел — снижение износа трущихся сопряжений, уменьшение затрат энергии на преодоление трения. Они также снижают действие ударных нагрузок, уменьшают шум и вибрацию шестерен, уплотняют зазоры в сальниках и различных соединениях. Трансмиссионные масла служат для отвода тепла от деталей и предохранение их от коррозии. Кроме того, масла применяют в гидромеханических трансмиссиях, где они являются рабочей средой, передающей крутящий момент от двигателя на ведущие системы машин.

Трансмиссионные масла работают в специфических условиях. Рабочая температура масла в агрегатах трансмиссии транспортных машин и промышленных редукторах меняется в широких пределах: от температуры окружающего воздуха в момент начала работы до 120—130 °С и даже 150 °С. Минимальная температура масла в агрегатах трансмиссии автомобилей в холодной зоне может достигать -60 °С, в умеренной зоне до -40 °С, а в жаркой до -10 °С.

									Лист
									32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				

Скорость скольжения (для различного типа передач от 1,5 до 25 м/с) и удельные нагрузки на поверхности зубьев шестерен (от 0,5 до 2 ГПа в полюсе зацепления, а в гипоидных передачах до 4 ГПа) во многом определяют тип применяемого масла в шестеренчатой передаче. При увеличении нагрузки смазочная пленка, разделяющая трущиеся поверхности, может начать разрушаться, что приведет к непосредственному контакту металлических поверхностей, их заеданию и катастрофическому износу. С увеличением скорости скольжения понижается температура, при которой начинается заедание, и появляются условия для катастрофического износа.

По уровню напряженности работы зубчатых передач трансмиссионные масла можно разделить на следующие виды:

- универсальные, обеспечивающие работу всех типов зубчатых передач и других трущихся деталей агрегатов трансмиссии;
- общего назначения, применяющиеся в цилиндрических, конических и червячных передачах автомобилей;
- масла для гипоидных передач грузовых и легковых автомобилей.

Несмотря на большое разнообразие трансмиссионных масел, к ним предъявляются общие эксплуатационные требования:

- достаточные противоизносные и противозадирные свойства (высокую смазывающую способность);
- хорошая вязкостно-температурная характеристика (для быстрого выхода агрегата на режимную работу и надежной смазки узлов трения);
- нужная температура застывания (для обеспечения легкого пуска при отрицательной температуре);
- как можно меньшее изменение свойств под действием температуры и времени (высокую химическую и физическую стабильность);
- отсутствие в составе коррозионно-активных соединений, воды, а также абразивных механических примесей (во избежание механического и химического износа деталей);
- инертность к воздействию на резиновые уплотнения.

										Лист
										22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ					

Смазывающие свойства трансмиссионных масел зависят от природы компонентов и количества используемых антифрикционных, противоизносных и противозадирных присадок. Состав масла зависит от метода его получения, т.е. от того, с чем смешивается маловязкое масло — с остаточными маслами или с экстрактом (смолкой), получаемым после селективной очистки масел.

Смазывающие свойства трансмиссионных масел должны обеспечивать долговечную и надежную работу агрегатов трансмиссии при больших нагрузках и скоростях перемещения трущихся поверхностей, снижая интенсивность их износа и предотвращая заедание (посредством образования на них тонких пленок, изолирующих детали и предотвращающих сваривание и заедание зубьев шестерен).

Для улучшения смазочных свойств масел в качестве присадок используются органические вещества (сера, фосфор, азотосодержащие соединения) и металлоорганические соединения (свинец, цинк, алюминий и др.), которые образуют защитные пленки на поверхности металлов.

Вязкостно-температурные свойства трансмиссионных масел оказывают большое влияние на КПД агрегатов трансмиссии, обеспечивают непрерывность поступления масла в зону зацепления зубьев шестерен и к телам качения подшипников, и способность трогания с места автомобиля при низких температурах окружающего воздуха.

Уровень вязкости трансмиссионного масла определяет образование масляного клина в зоне высоконагруженных контактов трущихся деталей. Нижний уровень вязкости трансмиссионного масла с противозадирными присадками определяется надежностью уплотнений картеров агрегатов трансмиссии. При хорошем состоянии сальников и других уплотнителей минимально допустимая кинематическая вязкость масла может составлять 5 мм²/с. Максимально допустимая динамическая вязкость масла при самой низкой рабочей температуре составляет 300-600 Па с — это вязкость, при которой еще возможно трогание автомобиля без разогрева масла в агрегатах.

					23.04.03.2019.223.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Эксплуатационный опыт показывает, что при температуре $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ динамическая вязкость масла ТАП-15В достигает $30\text{ Па}\cdot\text{с}$, при этом КПД заднего моста автомобиля ЗИЛ-130 снижается до 50%, а расход топлива увеличивается в два раза по сравнению с нормой.

Одним из эффективных способов борьбы с задиром является применение присадок для сверхвысоких давлений. Усталостную долговечность поверхностей зубьев в трансмиссиях можно увеличить, применяя масла с более высокой вязкостью. При выборе масла по вязкости следует учитывать, что вязкость и поведение масла при низких температурах определяют возможность начала работы транспортного средства при низкой температуре без подогрева трансмиссии. Они также определяют расход топлива и легкость слива масла. Требуемые вязкость и низкотемпературные свойства масла обуславливаются температурным режимом работы и хранения транспортного средства, конструктивными особенностями трансмиссии и отношением мощности двигателя к массе транспортного средства. Важно, чтобы кривая «вязкость — температура» для трансмиссионных масел, применяемых в широком температурном диапазоне, была плавной. Одной из особенностей трансмиссий транспортных средств, особенно автомобилей, является высокое контактное давление на зубьях шестерен (до 3000 МПа) и изменяющиеся условия работы. Согласно экспериментальным данным, температура подшипников гипоидной главной передачи автомобиля может достигать $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, а объемная температура масла — $150\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.5 Обзор литературы по металлоплакирующим добавкам.

Уровень развития науки о трении и изнашивании имеет немаловажное значение при решении проблемы повышения технического уровня машин и оборудования. Основной причиной отказа работы машин, помимо отступлений от правил эксплуатации техники, является износ деталей передаточных и исполнительных механизмов.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				35

Одним из кардинальных способов решения проблемы трения и износа твердых тел давно считается разработка и использование металлоплакирующих смазочных материалов, в том числе и с наноразмерными добавками, позволяющими существенно снизить износ, и, соответственно, увеличить срок службы механизмов и узлов трения. Однако, такое снижение может быть достигнуто при довольно строгих условиях трения (Р, V, Т и другие факторы), не на любой паре трения и смазочной среде.

В связи с этим, возникает необходимость глубокого анализа механизмов и подходов к повышению триботехнических характеристик пар трения, закономерностей механического и физико-химического действия смазок различного состава, влияния характеристики частиц цветных металлов, сплавов или их соединений, использующихся в качестве металлоплакирующих добавок, на триботехнические свойства смазочных материалов, а также на возможность улучшения смазочных свойств моторных и трансмиссионных масел при введении препаратов, широко используемых в качестве присадок к смазочным материалам.

Для повышения триботехнических характеристик узлов трения применяются различные подходы и методы. Одним из них является применение в качестве трущихся пар материалов из цветных металлов. Например, при изучении технического состояния самолетов ИЛ, в которых на поверхностях бронзовых и стальных деталей тяжело-нагруженных узлов трения, смазывающих смазкой спиртоглицериновой смесью, а также при использовании пластичной смазки ЦИАТИМ-201 в соединениях самолетов, обнаружили появления медной пленки на поверхности трущихся пар, значительно уменьшающей интенсивность изнашивания и коэффициент трения в десятки раз.

Согласно данным F. Ние, значительное снижение трения с глицерином или со специальной смазкой наблюдалось для материалов, изготовленных из сплава на основе меди.

Экспериментальное исследование характеристик пар трения при фрикционном взаимодействии различных бронз и стали в спиртоглицериновой смеси показало, что почти во всех трущихся парах бронза-сталь при смазывании

									Лист
									36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				

их спиртоглицериновой смесью наблюдается автокомпенсация износа на поверхностях трения. При этом возникающая медная плёнка не меняется за время испытаний, что приводит к значительному снижению трения и даже реализации безызносности. Однако, использование масла МС-20 не позволяет получить такого эффекта в тех же парах трения. Из этого следует, что не на любой паре трения и не во всякой смазке можно достичь положительных эффектов.

Кроме того, результаты исследования трибологических характеристик пар трения цветных металлов, таких как Си, V, Ag, Аи, Сг, Ni, и данные работы позволяют теоретически обосновать и экспериментально подтвердить, что значительного повышения триботехнических характеристик можно достичь на трущихся парах, состоящих из металлов и сплавов, отличных от меди.

Улучшения трибологических характеристик происходит и при использовании технологии ФАБО (финишной антифрикционной безабразивной обработки) (авторское свидетельство № 115744), заключающейся в механическо-фрикционной металлизации (латунировании, бронзировании, и т.д.) трущихся поверхностей стали, чугуна или других металлов и сплавов под большими давлениями в присутствии специальных смазок. В работе, фрикционное латунирование основных узлов трения автомобильного двигателя обеспечивает уменьшение износа на 20-25 %, позволяет получить экономию топлива до 2,8 % при безремонтном пробеге автомобиля 80000 км. Интересно, что наибольшая эффективность ФАБО достигается в условиях переходных режимов трения, т.е. в наихудших условиях смазки. Более того, медное покрытие, полученное по технологии ФАБО, толщиной 2 - 3,5 мкм обеспечивает повышение износостойкости в 2-4 раза.

Внесение конструктивных изменений в узлы трения машин, уже находящихся в эксплуатации, сопряжено с большими затратами средств и времени. Одновременно с этим, в качестве трущихся пар не всегда используются материалы из цветных металлов или сплавов, а в большинстве случаев это сталь или чугун. В связи с этим, одним из наилучших методов повышения триботехнических характеристик узлов трения в настоящее время является

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						37

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

применением металлолакирующих смазочных материалов, обеспечивающих процессы формирования сложных металлических и металлоорганических плёнок, обладающих специфичными свойствами, на поверхности трения.

При экспериментальном исследовании пары трения сталь 14X17H2 -сталь 12X18H10T с металлолакирующей композицией под давлением $P = 0,2$ МПа и скорости скольжения $V = 3,2$ м/с авторы работы заметили, что износ подвижного кольца отсутствовал, а интенсивности изнашивания неподвижного кольца была в 10 раз ниже, чем при других условиях (P, V).

Из данных вышеуказанных работ, видно, что наиболее простым и эффективным способом снижения трения и износа в машиностроительной практике представляется путь, связанный с применением известных химотологических принципов, положенных в основу использования различного рода металлопла-кирующих смазочных материалов. Однако на практике добиться таких эффектов не так просто. Поэтому для изучения закономерностей и необходимых условий для снижения износа при трении, необходимо рассмотрение комплекса триботехнических и физико-химических критериев, необходимых для повышения триботехнических характеристик.

Если рассматривать само функционирование трибосопряжения со смазкой, как самоорганизующуюся систему, то для объяснения ряда эффектов, связанных с повышением триботехнических свойств, можно использовать ряд теорий, например, молекулярно-механическую теорию трения, на основе которой начинались формироваться представления о реальных процессах и механизмах при трении.

Результаты позволили установить, что необходимо различать две стадии процесса трения: начальную стадию и установившийся режим. То в начальной стадии при трении, происходят механическое воздействие и физико-химические реакции на поверхности трущихся пар в смазочной среде, что приводит к избирательному растворению медного сплава. Под действием электростатических сил, а также сил межмолекулярных взаимодействий и теплового движения,

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				28

частицы износа выходят из поверхности трения в смазку, с образованием на поверхности трения медной пленки из коллоидных частиц износа, высокодефектной и пористой.

В установившемся режиме поверхности трения покрыты медной пленкой одинаковой структуры на медном сплаве и на стали. «...Из-за одинаковой природы поверхностей трения уже не будет преимущественного направления движения частиц от одной поверхности к другой. При этом коэффициент трения и износ очень малы...».

Однако, такая трактовка не объясняет некоторые вопросы при трении резина-сталь. В работе автор расширил представления о трении некоторых материалов с резиной, содержащей сульфат меди, а также при трении бронзы со стальной поверхностью.

Параллельно с этим, в работе приведено исследование и объяснение механизма трения за счет избирательной адсорбции органических соединений на металлических поверхностях.

Одновременно с этим, обстоятельное обоснование роли комплексных соединений как смазочного материала, или как присадка к нему, проведено в работе. Показано, что комплексы образуются на поверхности в результате химических реакций между лигандами и свободными атомами металла, и осуществляют перевод атомов из пленки во внешнюю среду. Распад комплексных соединений вне зоны контакта возвращает атомы металла на поверхности трения за счет сил энергии взаимодействия.

Глицерин и другие смазочные материалы подвергаются трибохимическим изменениям, на выявление характера которых были направлены исследования Ю.С. Симакова. Выводы из результатов исследований трибохимических превращений глицерина заключаются в том, что глицерин в ходе трибохимических реакций дает продукты окисления в виде альдегидов и кислот.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				39

1.6 Оборудование для экспериментальной части.

В настоящее время в России и за рубежом все более активно разрабатываются и предлагаются к продаже новые трибопрепараты, количество которых ежегодно возрастает. Эти трибоматериалы имеют большой диапазон различий по свойствам, составу, физико-химическому воздействию на рабочие поверхности деталей в узлах трения и т.д.

Разобраться собственнику автотранспорта и даже инженеру в этом разнообразии трибопрепаратов без дополнительных знаний невозможно. Информация, которая размещена на упаковке касается только порядка применения, она имеет больше рекламный характер и нередко искажена и противоречива. Необходимо отметить, что все препараты не являются универсальными для применения во всех механизмах машин и оборудования и имеют как достоинства, так и недостатки, которые необходимо учитывать. В связи с этим для выбора наиболее эффективного препарата как для эксплуатационной обкатки, так и для последующего увеличения ресурса ДВС или оборудования необходимо использовать разработанный приемлемый экспресс-метод выбора рационального трибоматериала.

Выше было упомянуто, что основным критерием при выборе того или иного трибопрепарата для приработки деталей в механизмах при обкатке двигателя или агрегата трансмиссии машин является гарантированное исключение образования «задиров» и минимальная интенсивность изнашивания деталей в ресурсных сопряжениях. В связи с этим основным требованием, предъявляемым к экспресс-методу и к применяемой при этом установке, для испытания трибопрепарата в составе масел при трении, является высокая вероятность образования «задиров» и заклинивания образцов и получения значительных износов. Вероятность получения задир можно обеспечить максимальной локализацией нагрузки в трибосопряжении образцов.

В данной работе мною были применены и изучены два устройства для определения количественной оценки трибологических свойств смазочных материалов.

										Лист
										40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ					

1.6.1 Устройство и работа ЧШМ

Принцип действия машины основан на воспроизведении нормированных воздействий на испытательные образцы, находящиеся в испытуемом смазочном материале, с последующим определением величины износа испытательных образцов. В качестве испытательных образцов используются шарики ($12,70 \pm 0,01$ мм) по ГОСТ 3722 из стали ШХ-15 по ГОСТ 801, которые образуют пирамиду из четырех шариков, контактирующих между собой. Три нижних шарика закреплены неподвижно в узле трения машины, в котором размещается испытуемый смазочный материал. Верхний шарик, закрепленный в шпинделе машины, прижимается к нижним шарикам с заданным усилием (осевой нагрузкой) и вращается с фиксированной скоростью. Проворачивание шариков в процессе испытаний считается недопустимым.

Длительность испытаний – 10 сек или 60 мин диапазоне от 59 до 9800 Н [от 6 до 1000 кгс] в соответствии с нагрузочными рядами 1 и 2 по ГОСТ 9490-75.

Требуемое значение осевых нагрузок задается путем установления гиредержателя с необходимым набором гирь в положение, определяемое индексом на рычаге, в соответствии с таблицей зависимости величины осевой нагрузки от установленной массы гирь. Машина обеспечивает проведение испытаний при повышенной температуре смазочного материала. Для этого предусмотрен нагреватель и регулятор температуры, обеспечивающий поддержание температуры смазочного материала в диапазоне от температуры окружающего воздуха до $+300^{\circ}\text{C}$. Величина износа испытательных образцов определяется путем измерения диаметров износа каждого из трех нижних шариков с помощью микроскопа с увеличением не менее 24х, снабженного отсчетной шкалой с ценой деления 0,01 мм и менее.

1.6.2 Конструкция машины трения

Общий вид машины представлен на рисунке 1.5. Основой конструкции является стойка 1, к которой крепится узел трения 2. Стойка представляет сварной каркас, к которому привернута стальная плита. В верхней части стойки

										Лист
										41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ					

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.

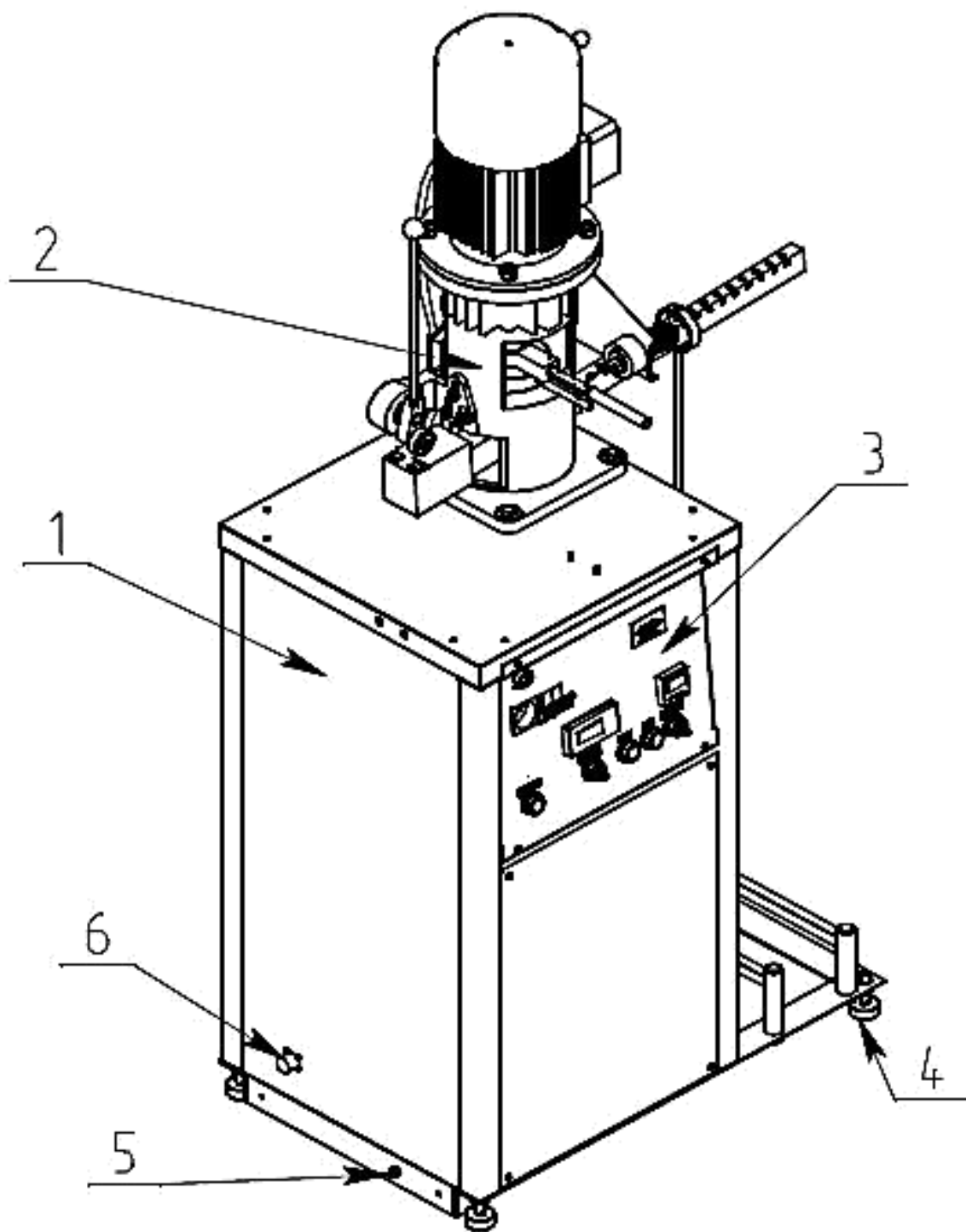


Рисунок 1.5 – Общий вид машины трения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

47

Общий вид панели управления представлен на рисунке 1.6. 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.

										Лист
										43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ					

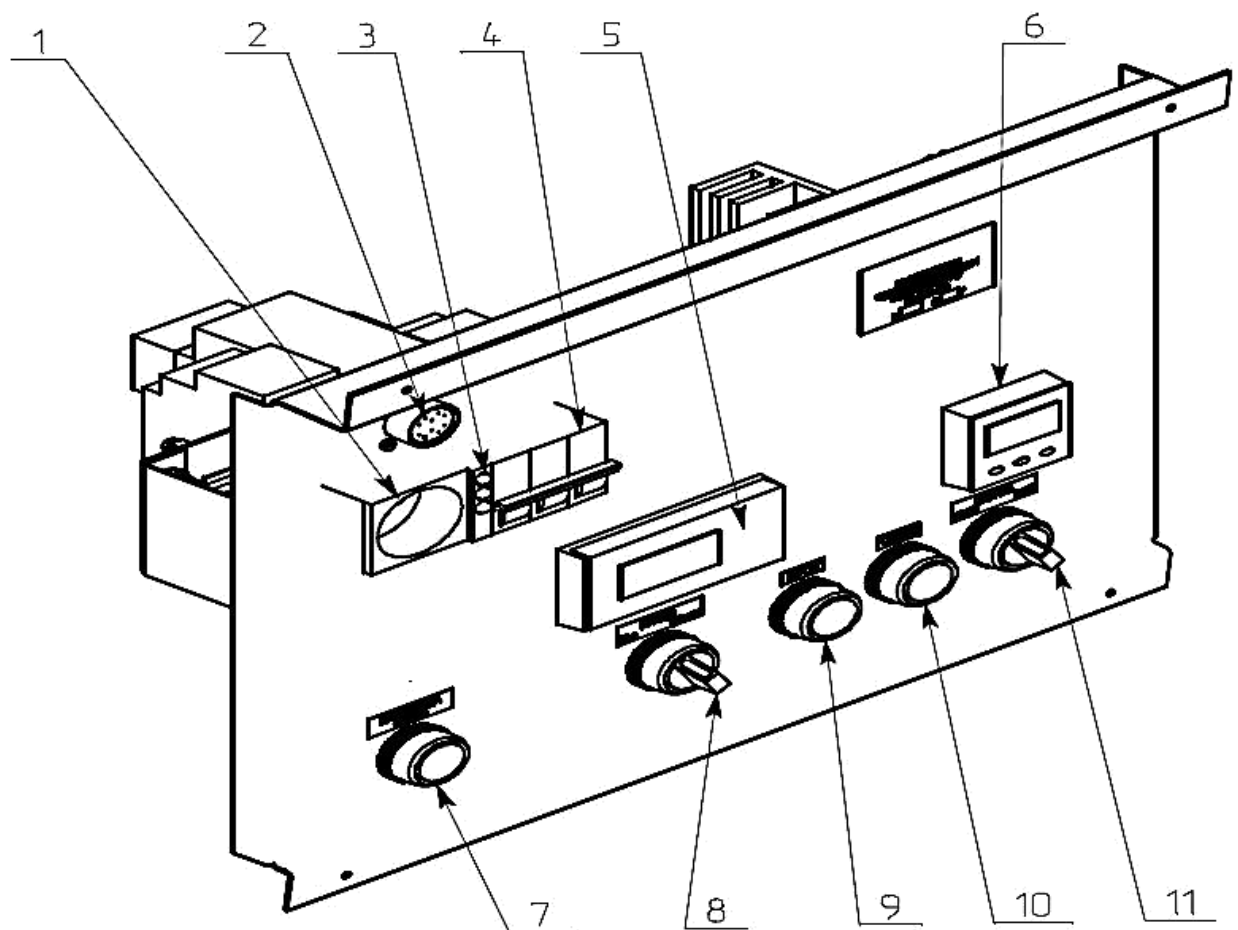


Рисунок 1.6 – Общий вид панели управления

Общий вид узла трения машины представлен на рисунке 1.7. Общий вид узла трения машины состоит из следующих деталей и узлов:

1. Электродвигатель со встроенным электромагнитным тормозом и с ручным растормаживающим устройством 2;
3. Ограничитель, выключает электродвигатель при превышении крутящего момента (120 кг·м);
4. Рычаг для создания осевых нагрузок в узле трения;
5. Корпус для крепления трех нижних шариков;
6. Гиредержатель для установки гирь;
7. Подставка для корпуса 6;
8. Литой корпус;
9. Подпорка для приложения и снятия осевых нагрузок.

При испытаниях смазочного материала на повышенных температурах, вместо подставки устанавливается электронагреватель.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

44

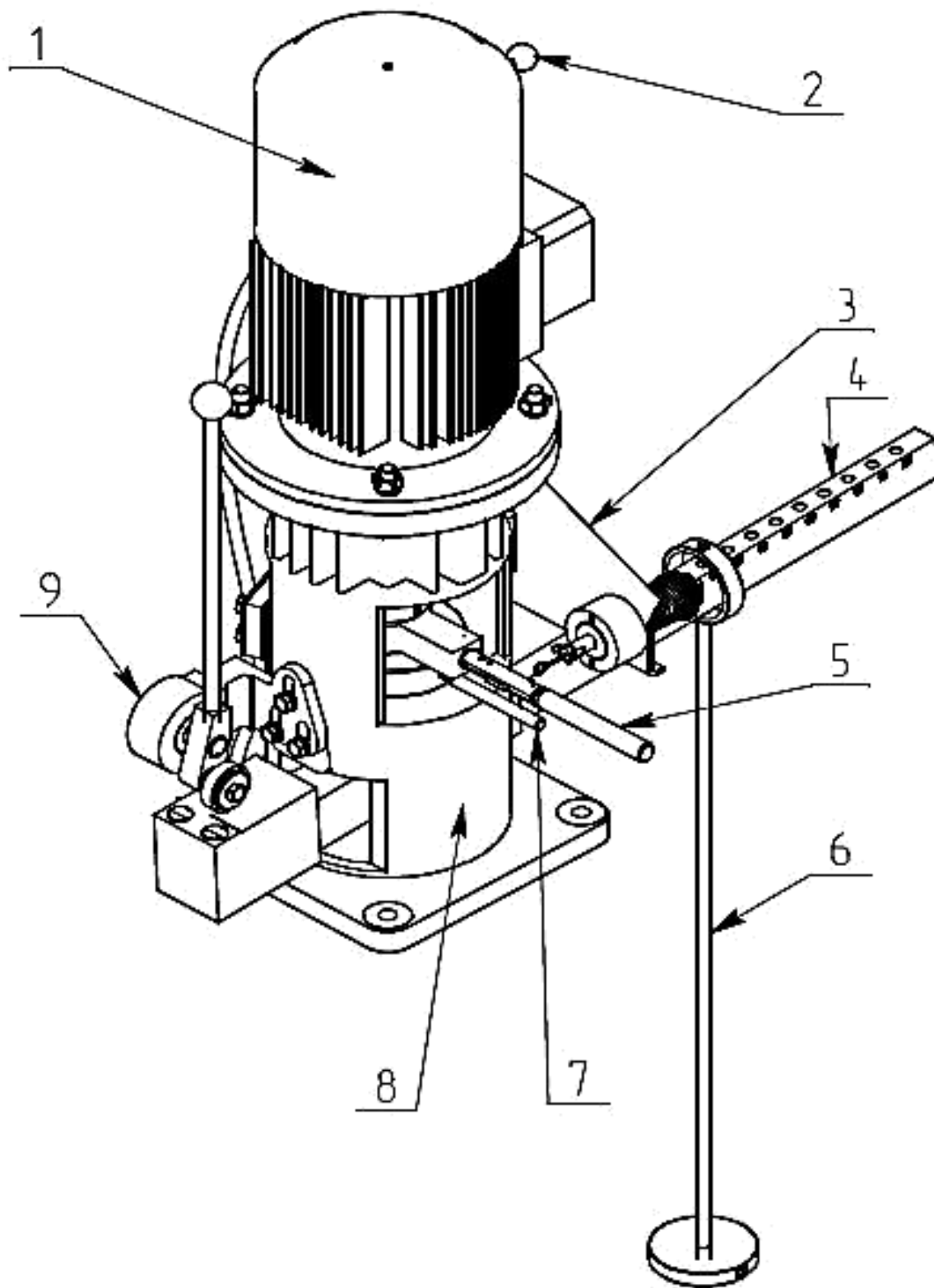


Рисунок 1.7 – Общий вид узла трения

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

45

Узел трения в разрезе представлен на рисунке 1.8.

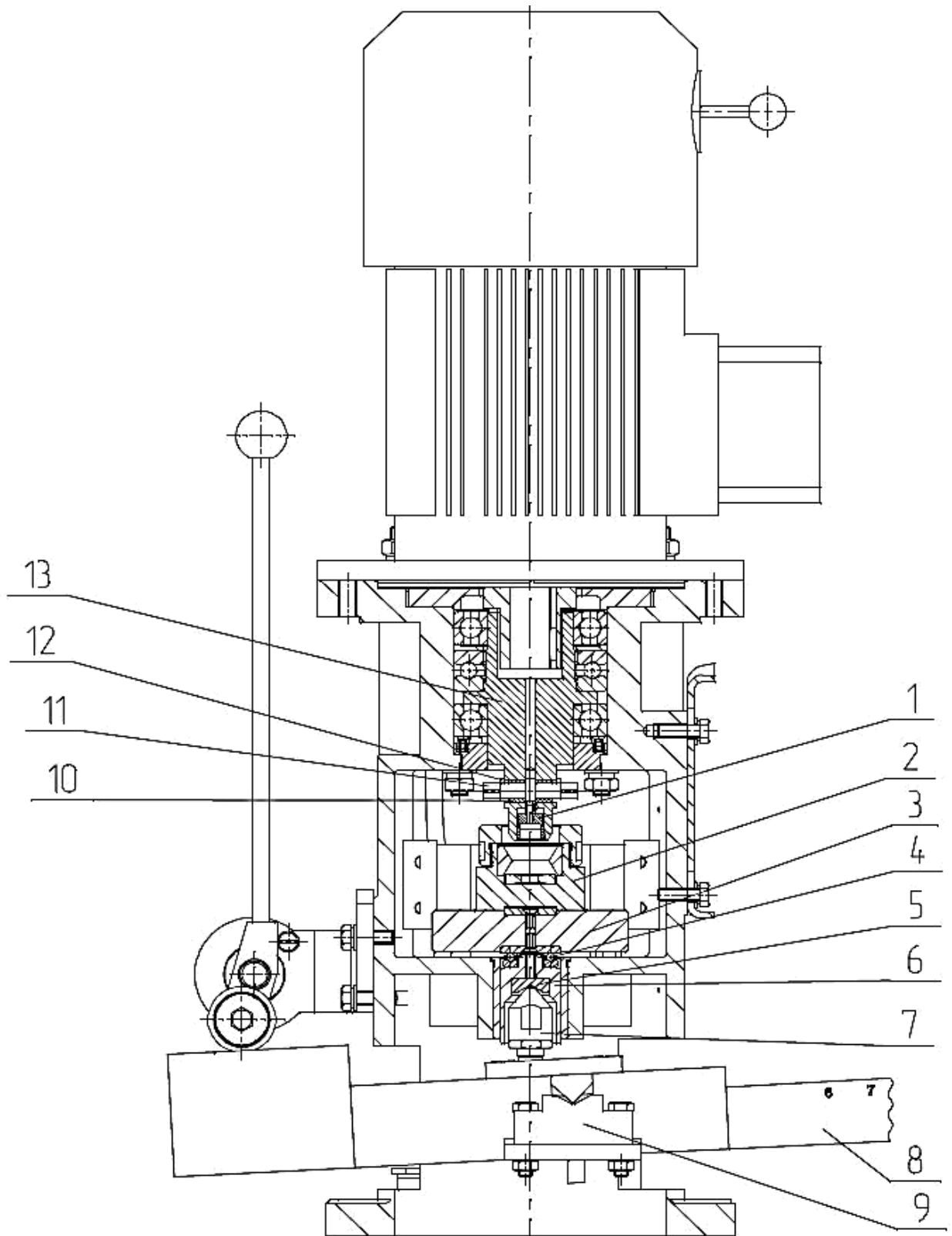


Рисунок 1.8 – Узел трения в разрезе

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

46

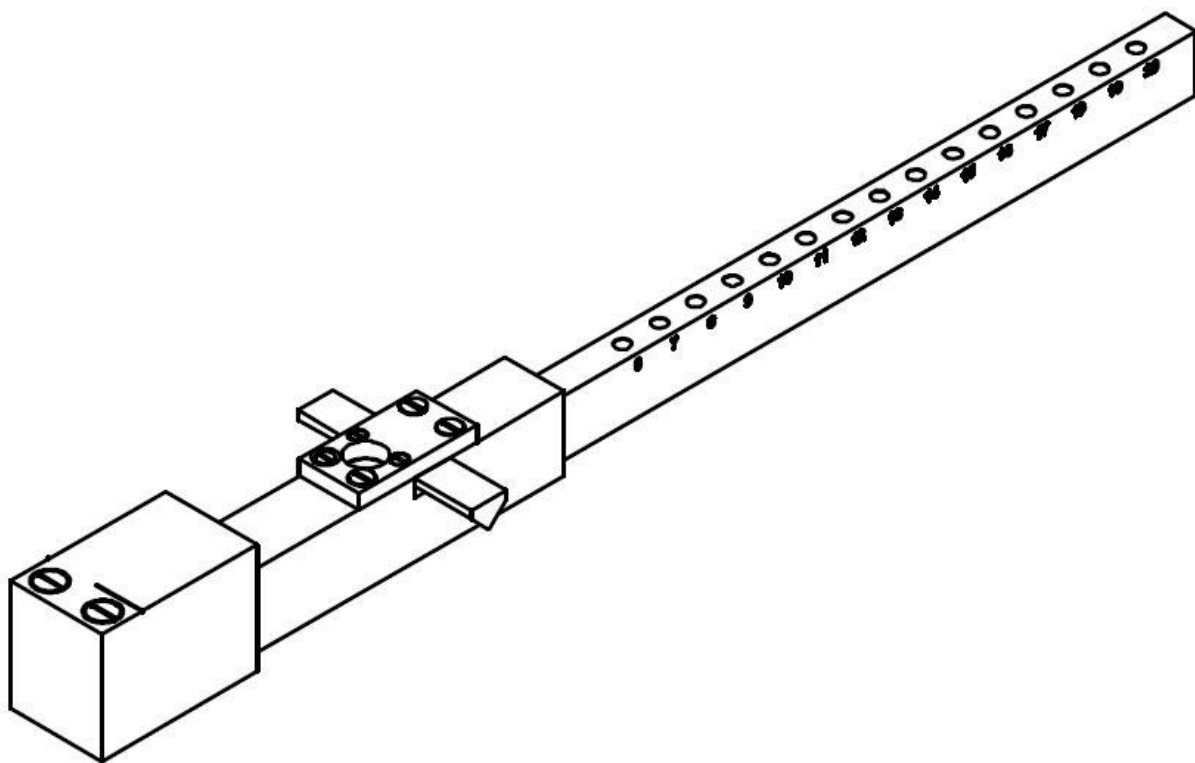


Рисунок 1.9 – Общий вид рычага

Слева от призматической опоры, являющейся центром вращения, в гнезде рычага установлен подпятник, на который установлен толкатель 7, показанный на рисунке 1.8. 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 1.8, 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 отверстием, в котором 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 1.10. 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
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				49

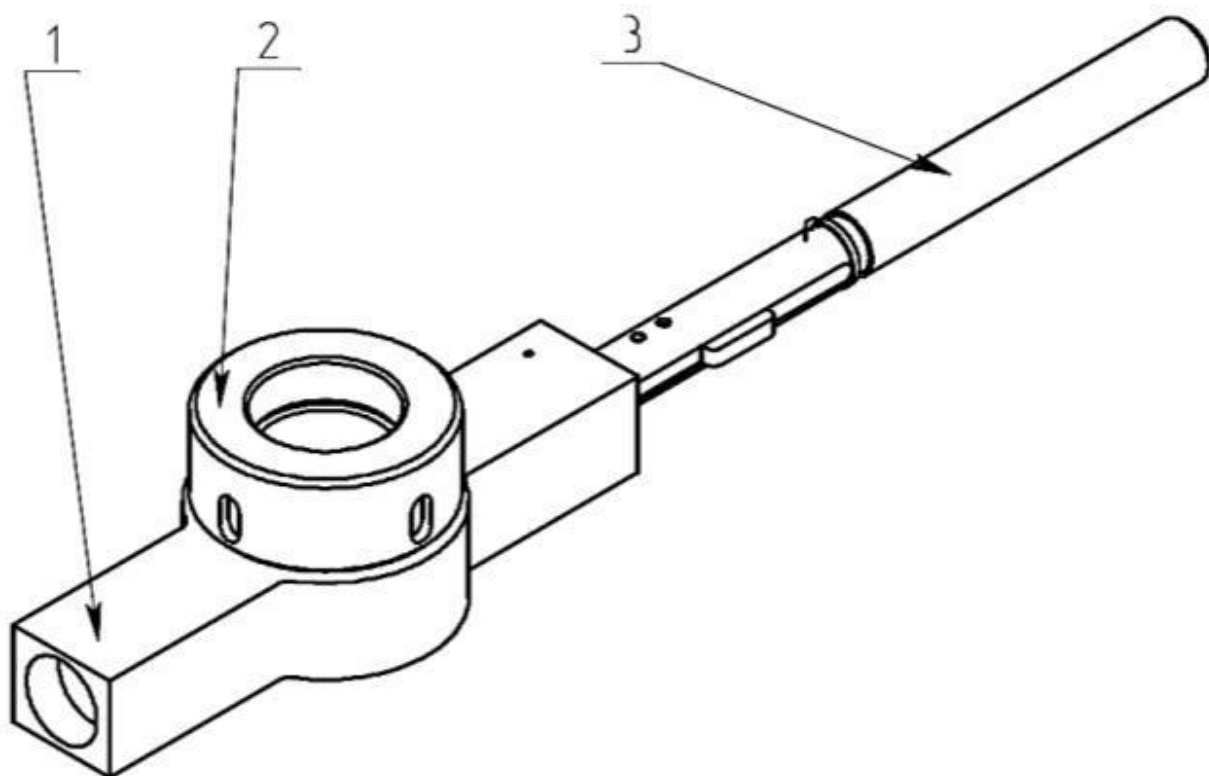


Рисунок 1.10 – Общий вид корпуса

Корпус в разрезе представлен на рисунке 1.11. Внутри центральной части помещаются три шарика между коническими поверхностями нижнего кольца 3 и верхнего кольца 4 и зажимаются гайкой 2. В корпусе расположено коническое отверстие 1 для установки в него датчика температуры.

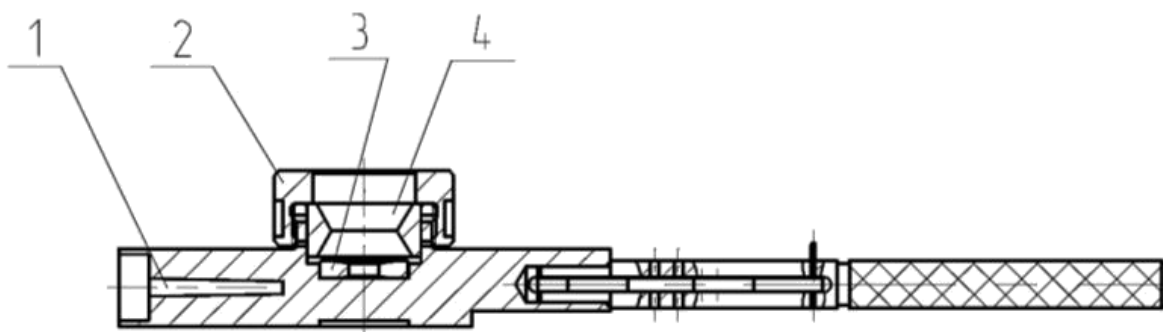


Рисунок 1.11 – Корпус в разрезе

Общий вид подпорки представлен на рисунке 1.12. В подпорке, во втулке 1 установлен палец, закрепленный посредством шайбы 6 и болта 7, с другой стороны запрессован в рычаг 3, который служит цапфой при повороте рычага.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

50

В рычаг также запрессован палец 4, на котором крепится подшипник 5. Несущий ролик выполняет функцию эксцентрика. При повороте рычага за ручку 2 в верхнее положение, освобождается узел трения от осевой нагрузки. При повороте рычага в нижнее положение – осевая нагрузка воспринимается узлом трения.

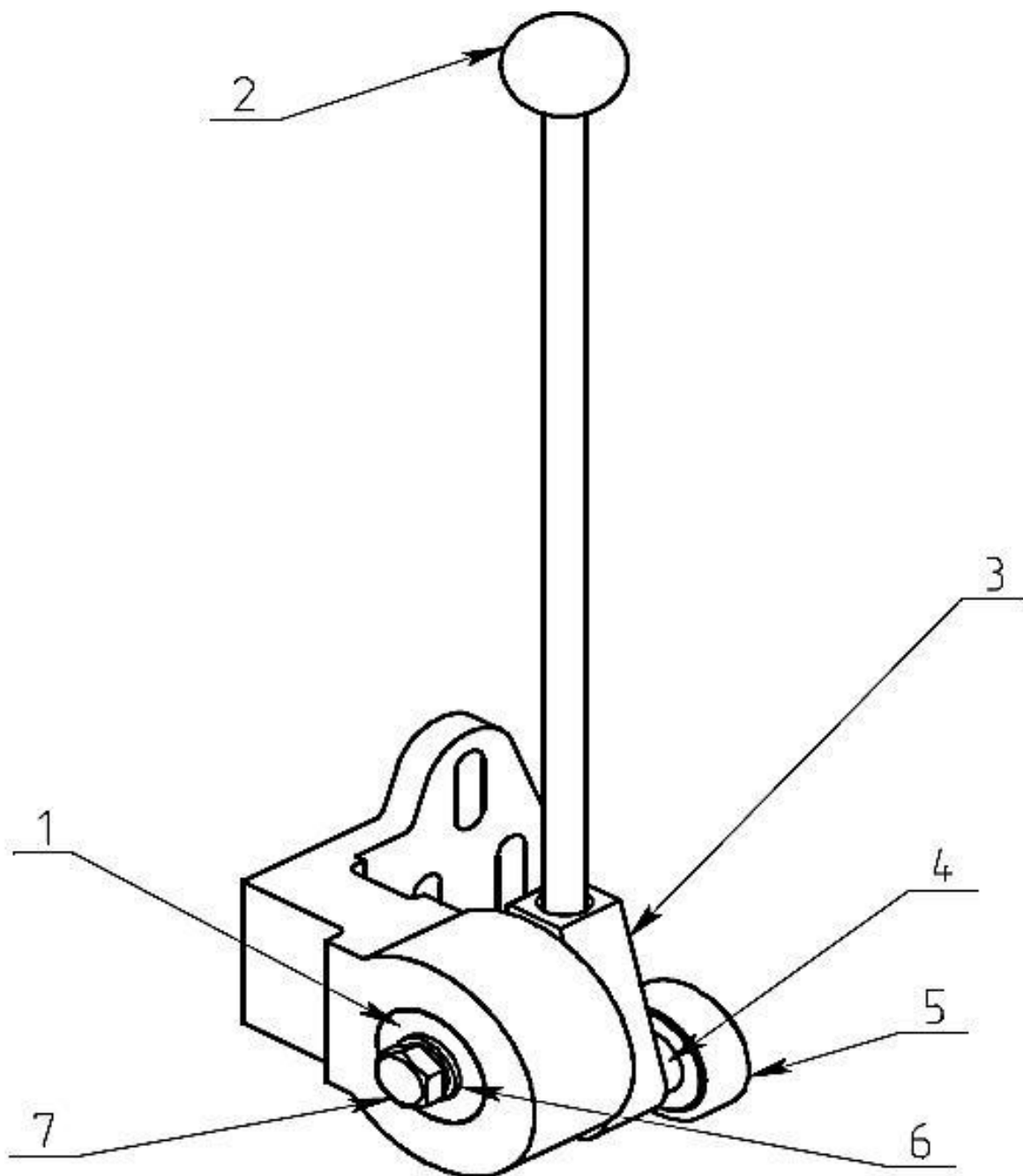


Рисунок 1.12 – Общий вид подпорки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

51

Общий вид ограничителя представлен на рисунке 1.13. Ограничитель – устройство для автоматического выключения электродвигателя при достижении максимально допустимого значения крутящего момента.

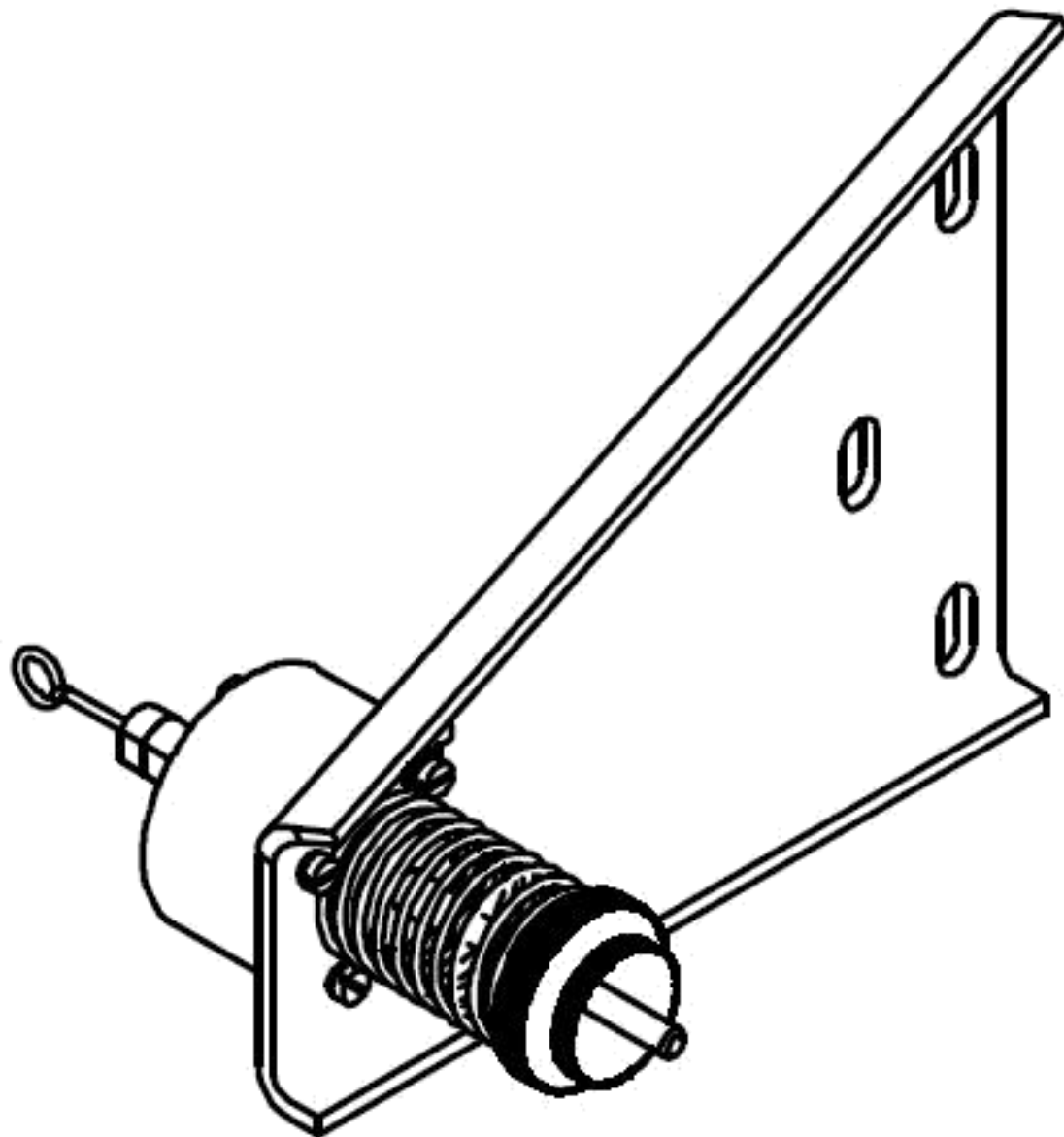


Рисунок 1.13 – Общий вид ограничителя

Схема ограничителя с частичным разрезом представлена на рисунке 1.14. 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 соединения с ручкой корпуса. На втулке 4 закреплена пластина 3 с установленным на ней микровыключателем 11. На валик 2 установлена шайба 10, которая в исходном положении нажимает на микровыключатель, контакт микропереключателя – замкнут. При возрастании момента трения до 1180 Н·см [120,0 кгс·см], усилие на валик в горизонтальном направлении преодолевает усилие натяжения пружины, и отжимает валик с установленной шайбой, вследствие чего контакт микропереключателя размыкается и загорается лампа в кнопке ПЕРЕГРУЗКА/СБРОС. Электродвигатель машины выключается. [1-3]

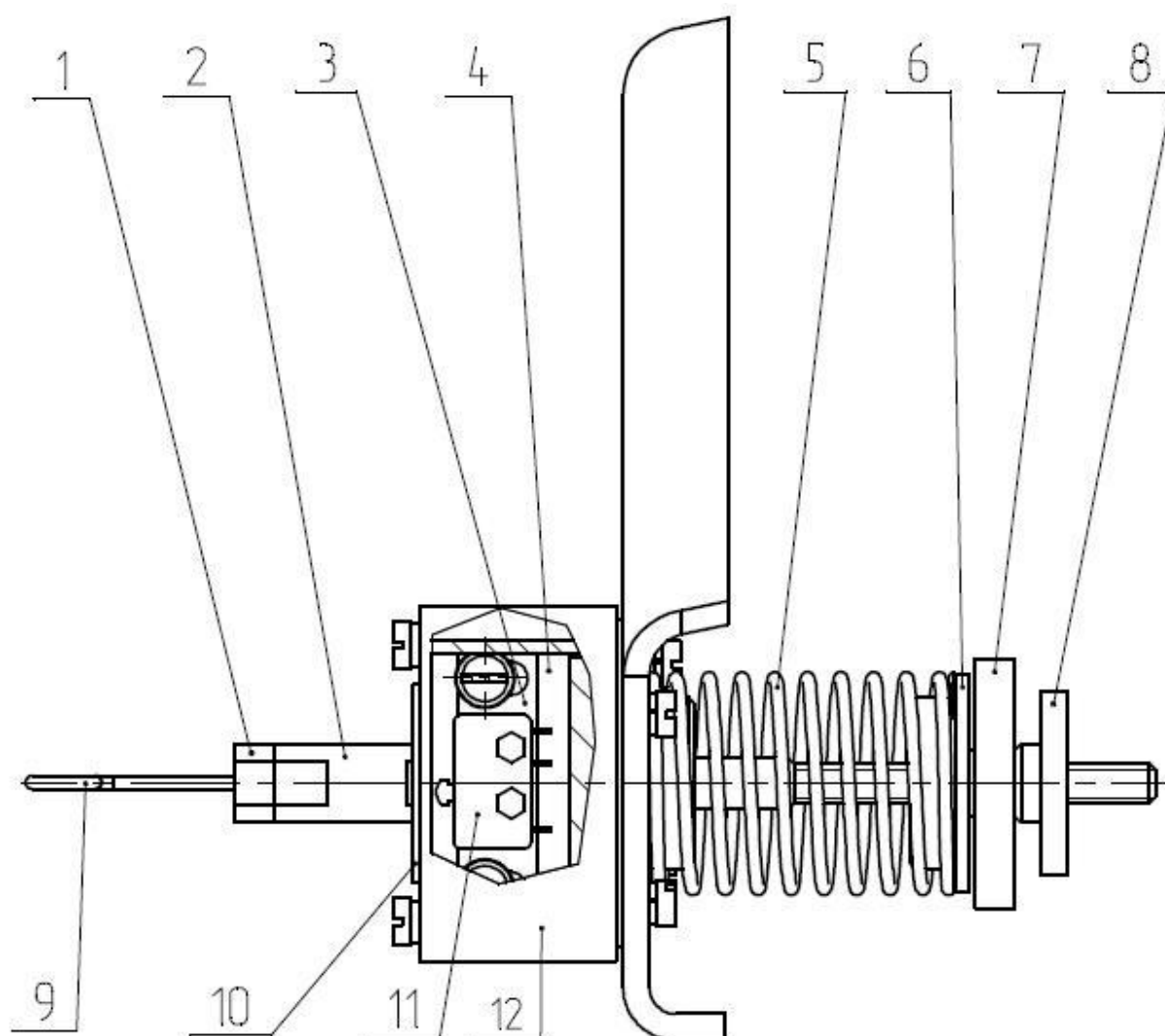


Рисунок 1.14 – Схема ограничителя

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

53

1.6.3 Основные технические данные машины ИИ 5018

Универсальная машина ИИ 5018 предназначена для испытания на трение и износ металлов и сплавов, жестких конструкционных пластмасс и композитов.



Рисунок 1.15 – Привод универсальной машины ИИ 5018

Привод машины - электромеханический с плавным регулированием скорости. Измеритель момента трения на вращающемся валу нижнего образца - электромеханический, с бесконтактным токосъемом. Прижим образцов - пружинный с электрическим измерением силы. Охлаждение - водяное (от водопровода).

Обеспечиваются испытания по схемам:

									Лист
									54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				

Диск – диск. При различных коэффициентах проскальзывания, в т. ч. при 0 % (технически чистое качение) и 100 % (верхний диск неподвижен).

Диск – колодка. Моделирование тормозов.

Вал – втулка.

Машина оснащена ПТК (программно-технический комплекс) в составе: компьютер, принтер, программное обеспечение. Назначением ПТК является прием и обработка информации, поступающей от испытательной машины в режиме позиционирования, подготовки к испытанию.



Рисунок 1.16 – Программно-технический комплекс универсальной машины
ИИ 5018

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

55

Испытания со смазкой проводятся в специальной камере.

В процессе испытаний измеряется момент трения, сила прижима, температура, частота вращения, путь трения. Машина устанавливается на виброопорах, специальный фундамент не требуется.

Технические характеристики универсальной машины ИИ 5018:

1. Частота вращения вала нижнего образца 300, 500, 1000 об./мин.
2. Допускаемая погрешность частоты вращения вала нижнего образца от измеряемой величины $\pm 10\%$.
3. Число разрядов счетчика числа оборотов вала нижнего образца 6.
4. Номинальная цена единицы наименьшего разряда счетчика суммарного числа оборотов 100 об.
5. Максимальный момент трения 15 Н · м.
6. Пределы измерения момента трения от 1,5 до 15 Н · м.
7. Допускаемая погрешность измерения момента трения (при проверке в режиме статического нагружения) от измеряемой величины $\pm 5\%$.
8. Нагрузка на образцы от 200 до 5000 Н.
9. Допустимая погрешность приложения нагрузки от измеряемой величины $\pm 5\%$.
10. Потребляемая мощность 2,2 кВт.
11. Питание от трехфазной сети 380 V, 50 Гц.

Устройство и принцип работы

Принцип действия машины заключается в истирании пары образцов (рис. 1.17), прижатых друг к другу с силой N . В процессе испытаний замеряется момент трения на нижнем образце и фиксируется на диаграммной бумаге. Кинематическая схема машины трения ИИ 5018 показана на рис. 1.17.

										Лист
										56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ					

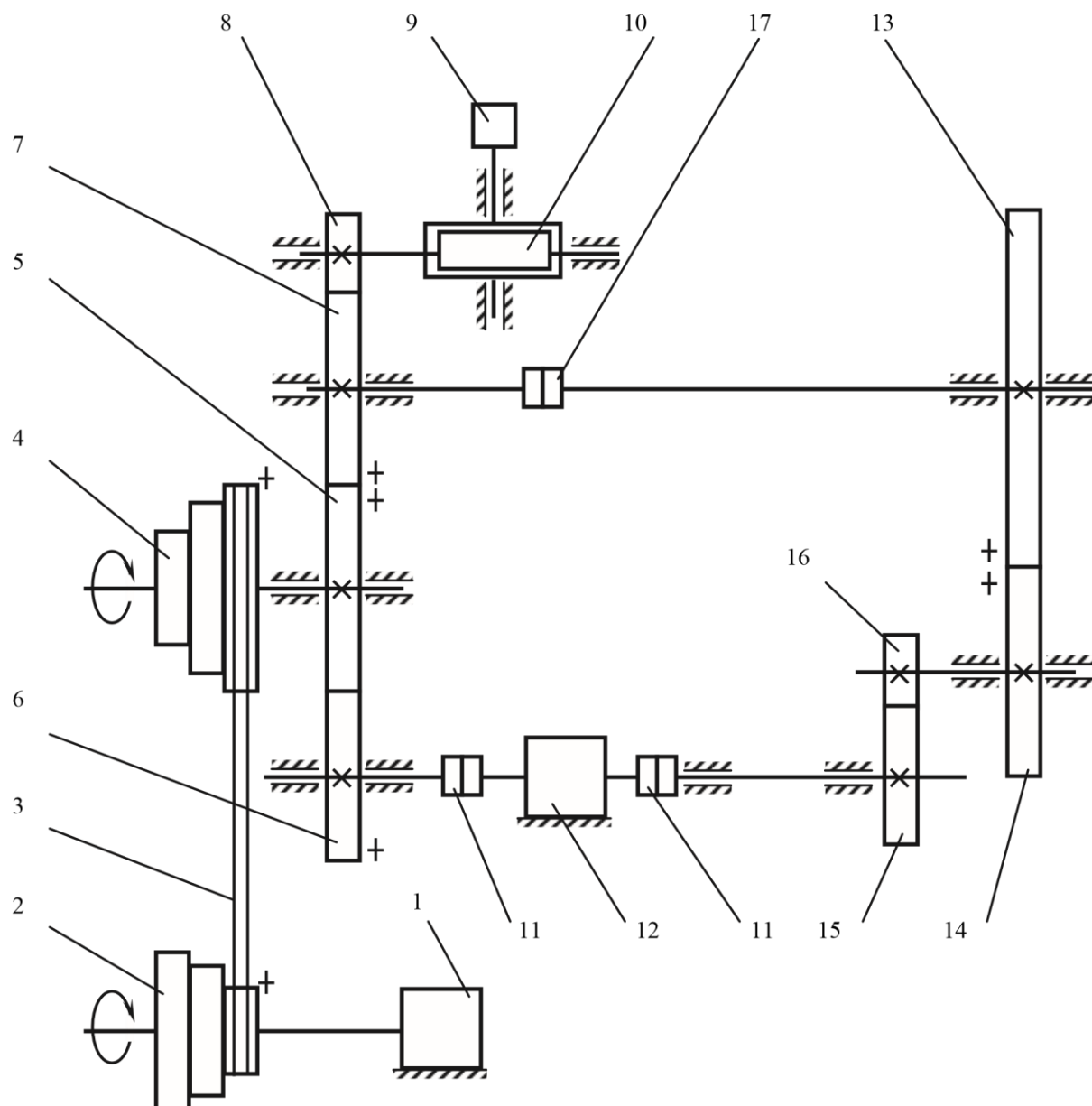


Рис. 1.17. Кинематическая схема машины трения ИИ 5018:

- 1 – электродвигатель А02-32/6;
- 2 – шкив на валу электродвигателя;
- 3 – клиновые ремни;
- 4 – шкив ведомый;
- 5, 6, 7 – колесо прямозубое;
- 8 – шестерня;
- 9 – датчик оборотов (пути трения);
- 10 – червячная пара;
- 11 – муфта;
- 12 – датчик момента трения;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

57

- 13 – колесо прямозубое;
- 14 – шестерня;
- 15 – нижний образец;
- 16 – верхний образец;
- 17 – муфта вала верхнего образца

Электродвигатель 1 асинхронного типа приводит во вращение шкив 2 и через клиновые ремни 3 – шкив 4, насаженный на выходной вал редуктора, который состоит из прямозубых зубчатых колес 5, 6, 7, шестерни 8 привода червячной пары 10 датчика числа оборотов верхнего вала машины. Прямозубые зубчатые колеса 6 и 7 имеют одинаковое число зубьев. Зубчатое колесо 6 приводит во вращение нижний вал машины трения, на котором установлен датчик момента трения 12, связанный с ним через муфты 11. На выходном конце нижнего вала установлен образец 15.

Для испытаний образцов типа диск–диск при качении с проскальзыванием используются подвижная каретка, состоящая из муфты 17, сменных шестерен 13 и 14, выходного вала, на котором устанавливается верхний образец 16.

При испытаниях образцов типа вал – втулка каретка снимается с машины.

Датчик измерения момента трения – бесконтактный индуктивный – состоит из вращающегося ротора и неподвижного статора. Принцип действия основан на измерении угла закручивания торсиона под действием момента трения, на котором закреплены магнитопроводы цилиндрической формы, что приводит к изменению воздушного зазора магнитопровода пропорционально углу закручивания торсиона. Питание измерительных катушек статора осуществляется переменным током от стабилизатора напряжения (110 V) и частотой 50 Гц. Электрические сигналы с измерительных катушек подаются в электрическую схему сравнения и далее на электронный потенциометр ПСР, который показывает и записывает величину измеряемого момента трения в процессе испытания образцов.

Частота вращения 300, 500, 1000 об./мин устанавливается до испытаний перестановкой клиновых ремней.

					23.04.03.2019.223.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Схема нагружения образцов показана на рис. 1.18. К нижнему образцу 1 типа диск прижимается образец 2, закрепленный на рычаге 3. На рычаг упирается винт 4 и через скобку 5 и стержень 6 сжимает пружину 7. Вместе со стержнем 6 перемещается зубчатая рейка 8, которая находится в зацеплении с шестеренкой 9. Лимб 10 закреплен на валу шестерни 9 и имеет форму короткого цилиндра с делениями, по которым определяется величина нагрузки. Соответствие числа делений и нагрузки определяется по тарифовочному графику. Информацию о графике можно найти в «журнале проверок оборудования учебной лаборатории триботехники».

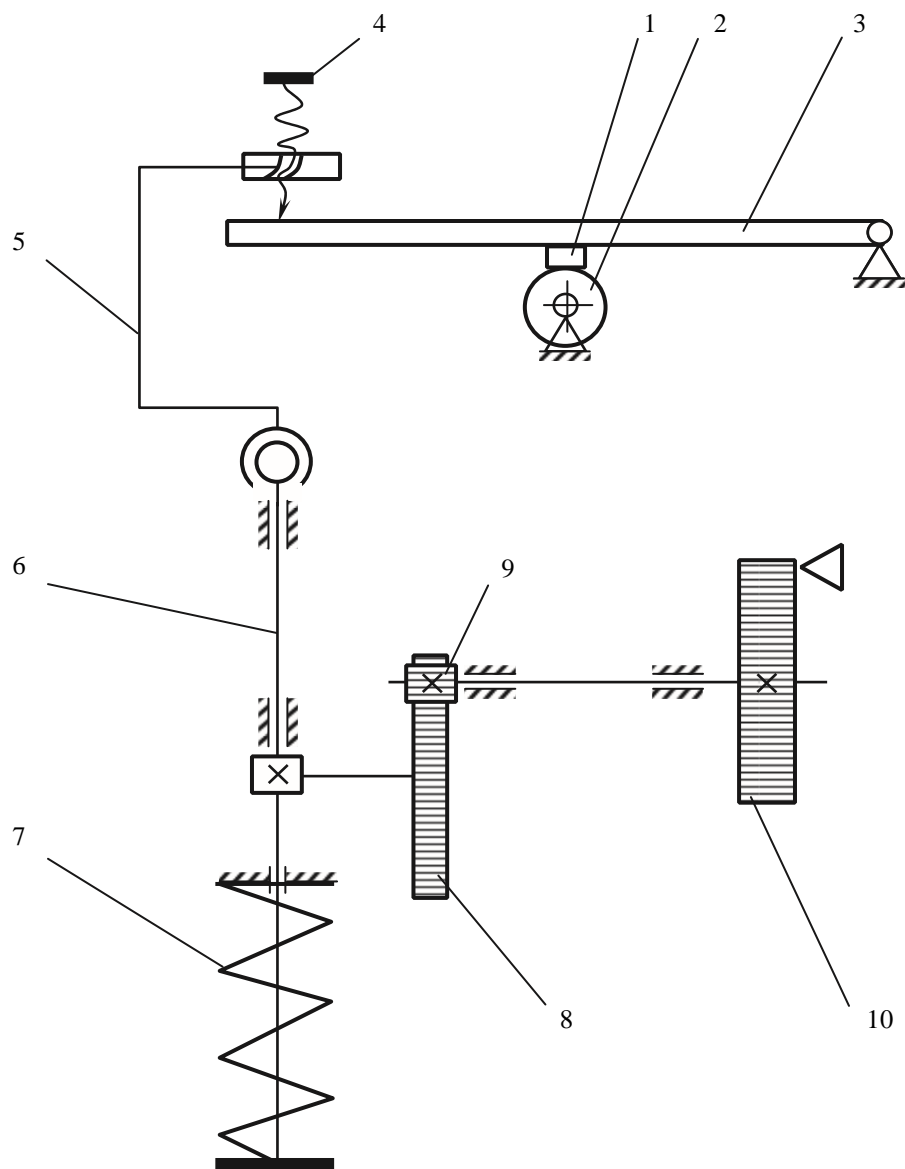


Рис. 1.18. Схема нагружения образцов:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

59

- 1 – верхний образец (стержень);
- 2 – нижний образец (диск);
- 3 – рычаг;
- 4 – винт;
- 5 – скоба;
- 6 – тяга;
- 7 – пружина;
- 8 – подвижная зубчатая рейка;
- 9 – шестерня;
- 10 – лимб с указателем

					23.04.03.2019.223.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Вывод по первой главе.

Были рассмотрены различные машины трения и экспериментальные лабораторные модели. Были выбраны для испытания машины трения ИИ 5018 в силу того, что такое взаимодействие ближе по характеру к сопряжению ролик – колодка.

Для подтверждения противоизносных свойств была выбрана машина ЧМТ – 1, поскольку существует стандартная методика обработки, а так же такие испытания легко проверяются на воспроизводимость.

После проведенного анализа методов испытания были выбраны экспериментальные, лабораторно–модельные испытания. Они будут проводиться на машине трения ИИ 5018 и ЧМТ–1. Это позволит получить показатели такие как:

- Диаметральный износ D_i (характер износа)
- Коэффициент трения $f_{тр}$.

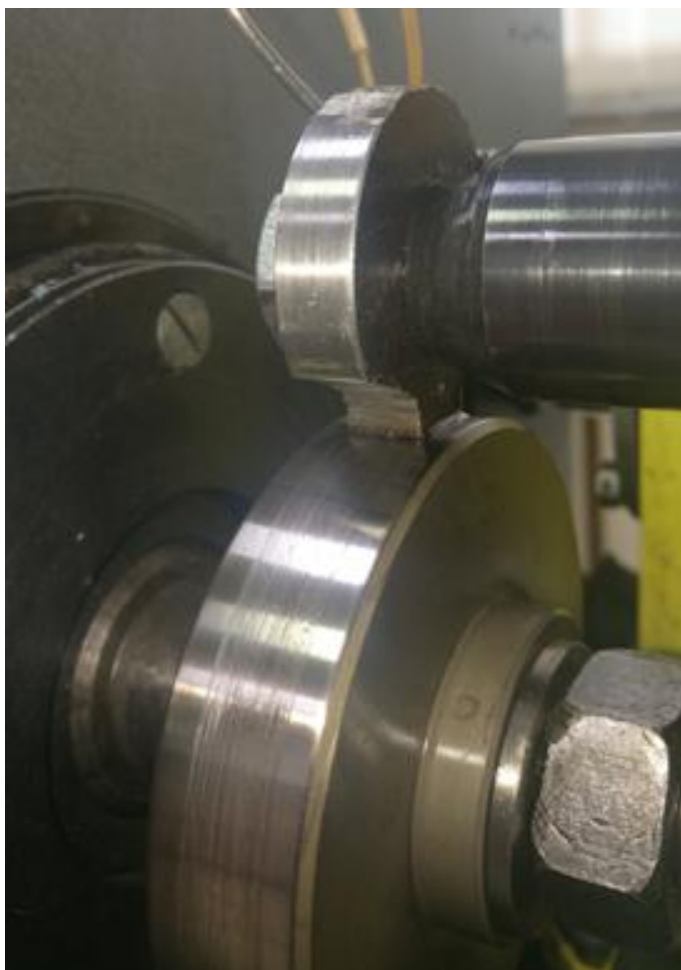


Рис. 1.19. Испытания типа ролик – колодка.

									Лист
									61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				

ГЛАВА 2 ЭМПИРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 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 ЧШМТ по ГОСТ 9490-75, методика проведения, принцип действия ЧШМТ, показатель износа, оценку момента трения, то есть влияние и на антифрикционные свойства)

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

2.2 Испытания смазочных материалов на ЧМТ-1

Испытания проводились на машине трения ИИ 5018 по ГОСТ 9490-75, на противоизносные и противозадирные свойства. Противоизносные свойства испытывались при нагрузке 392 Н (40 кг) по 2 повторных опыта для каждого СМ, 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 перпендикулярно направлению скольжения верхнего шарика. Для

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				62

каждого шара рассчитывается средний диаметр пятна износа, путем расчета среднего значения для измеренных значений обеих плоскостей. Далее рассчитывается среднее значение для всех трех шаров, что в итоге дает средний диаметр пятна износа для проведенного опыта – показатель износа, обозначаемый $D_{и}$.

За результат измерения принимается среднее арифметическое значение измерений пятна износа трех нижних шариков. Результаты проведенных испытаний заносятся в протокол.

Показатель диаметрального износа определяется при постоянной нагрузке, установленной в нормативно–технической документации. При установлении диаметрального износа проводят как минимум два последовательных опыта.

Надежное определение диаметрального износа обеспечивается при стабильной работе машины, без вибраций и скрипов. Так же точность испытания проверяется показателем сходимости [27].

Сходимость (для пластичных смазочных материалов устанавливают только для показателя износа $D_{и}$).

Два результата определений, полученные одним исполнителем, признаются достоверными (с 95% – ной доверительной вероятностью), если расстояние между ними не превышает для показателя износа ($D_{и}$) – значение для большего результата (Рис 2.1).

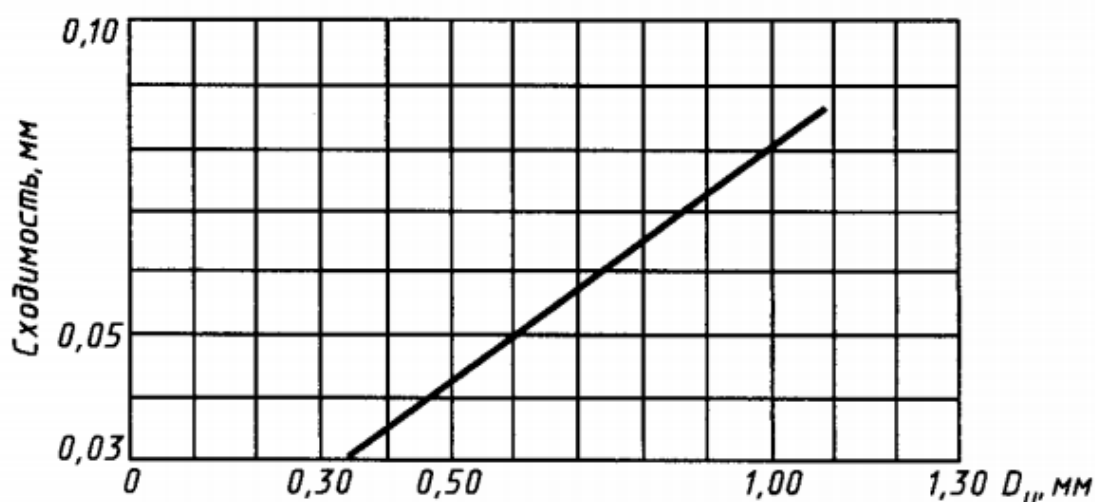


Рисунок 2.1 – График сходимости результатов.

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. [13]

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

2.2.1 Испытания трансмиссионного масла

Смазочный материал выбранный для испытаний - трансмиссионное масло Лукойл 80W90 GL-5.

Причиной стало, что в ходе проведения опытов было установлено значительное сходство испытуемых трансмиссионных масел как по консистенции, цвету и вязкости, так и по результатам полученных значений диаметров пятен износа. В своей магистерской диссертации Устинов К.В. сравнивал противоизносные свойства масел ТАД-17 и VW GearOil. Представлены результаты измерений при испытаниях на противоизносные свойства трансмиссионных масел Лукойл 80W90 GL-5, ТАД-17 и VW GearOil. Результаты измерений приведены на рисунке 2.2.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ					64

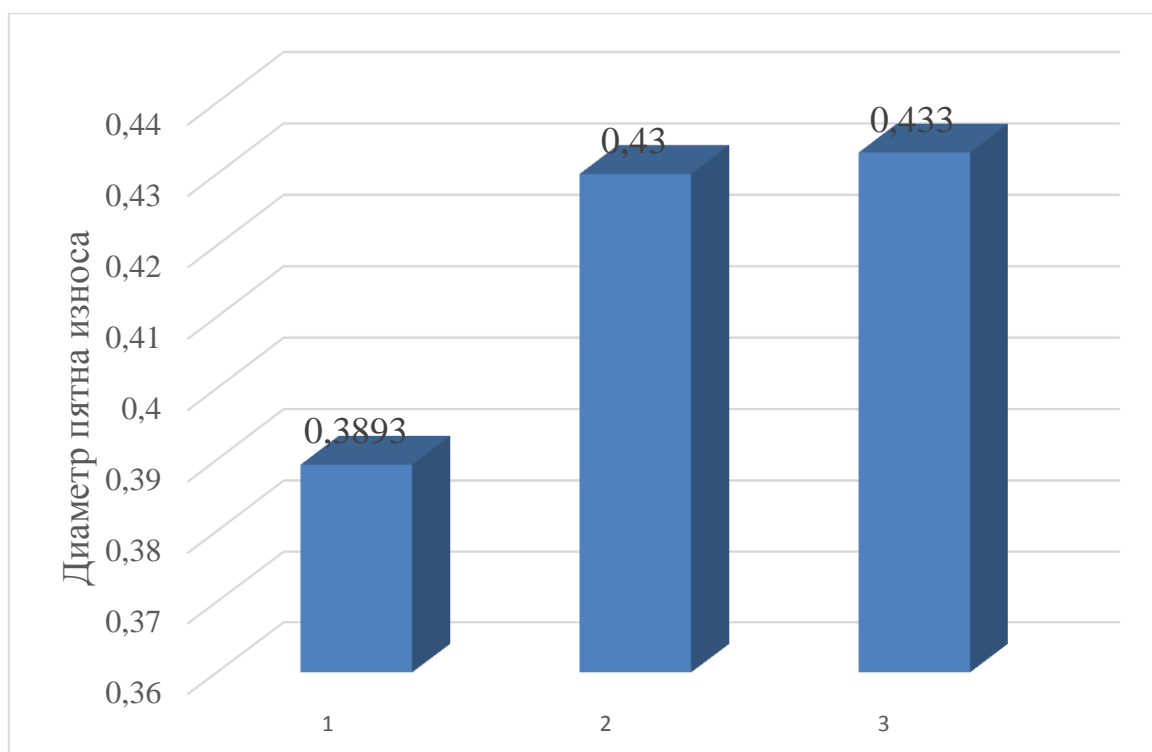


Рисунок 2.2 – Диаграмма результатов измерений

Представленные образцы на рисунке 2.2:

- 1 – Лукойл 80W90 GL-5,
- 2 – ТАД 17
- 3 – VW GearOil

Испытания Лукойл 80W90 GL-5 с добавками.

Чтобы определить влияние добавок на противоизносные свойства масла, мы синтезировали олеат меди, после чего полученный элемент добавили в масло в пропорции 1:100. Сравнение проводилось с чистым маслом Лукойл 80W90 GL-5, и его смесью с 3% товарной присадки «Валена». Результаты экспериментов представлены на рисунке 2.3

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

65

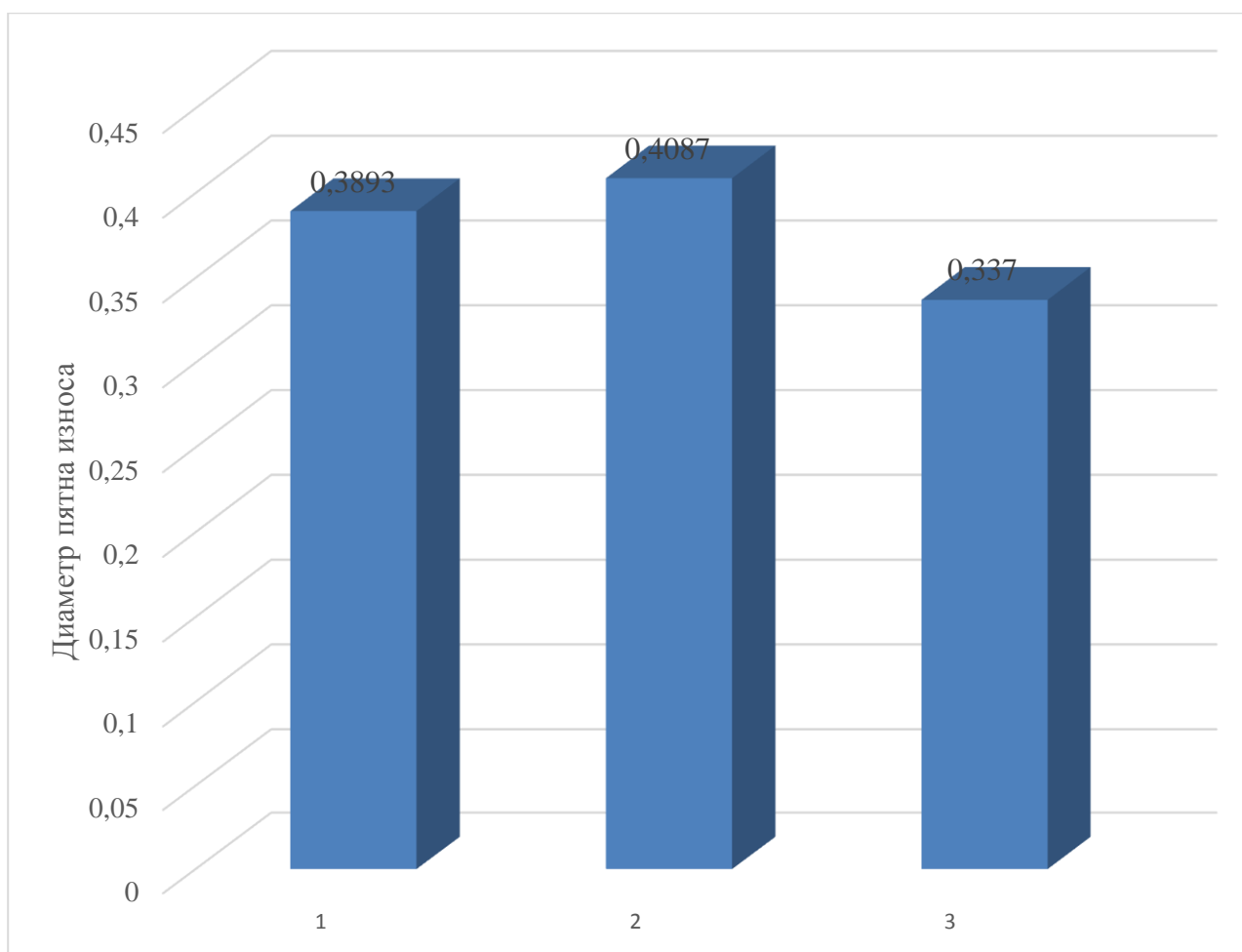


Рисунок 2.3 – Диаграмма результатов измерений

Представленные образцы на рисунке 2.3:

- 1 – Лукойл 80W90 GL-5 (без добавления присадок),
- 2 – Лукойл 80W90 GL-5 +1% олеат меди
- 3 – Лукойл 80W90 GL-5 +3% валены

2.2.2 Испытания моторного масла

Были изготовлены композиции моторного масла с олеатами меди, олова и цинка. Ниже, на рисунке 2.4 приведены результаты экспериментов в сравнении с чистым маслом. На рисунке 2.5 показаны пятна износа после проведения опытов при заданной нагрузке в 392 Н м

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

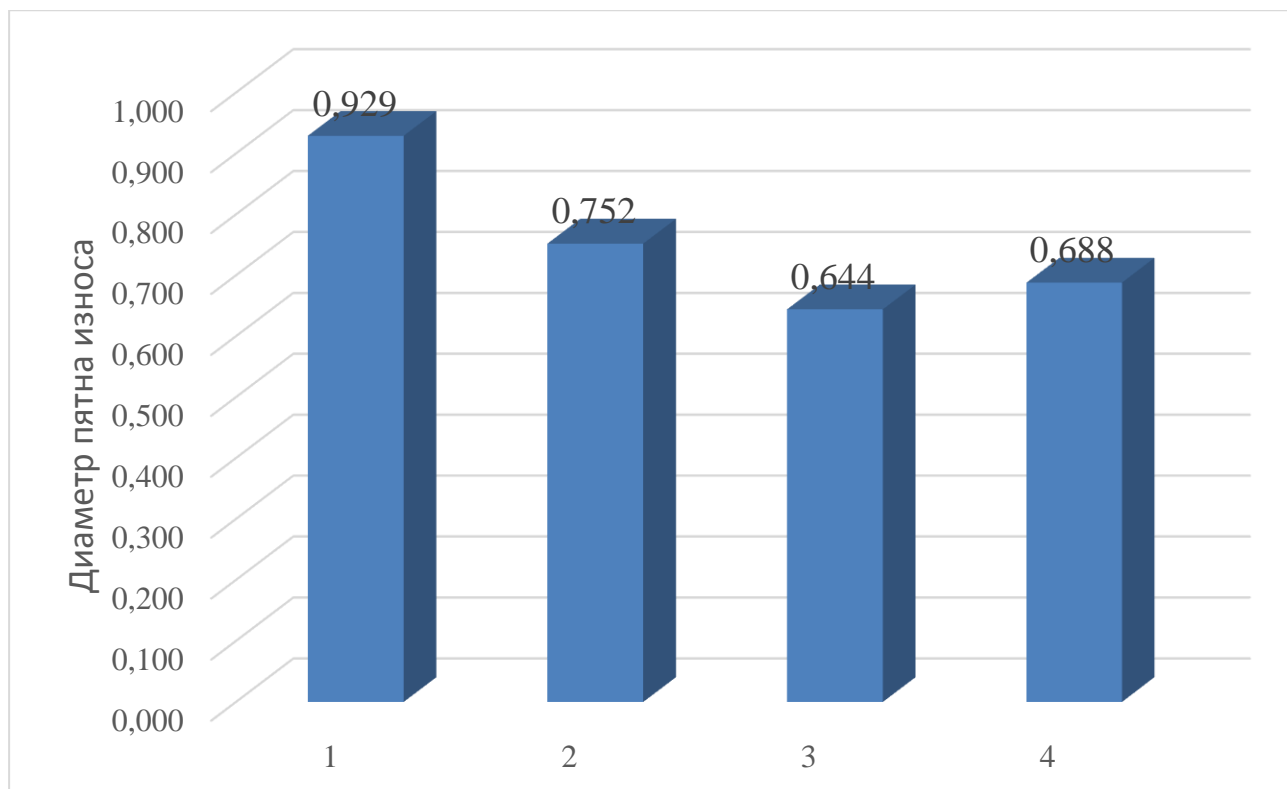


Рисунок 2.4 – Диаграмма результатов измерений

Представленные образцы на рисунке 2.4:

- 1 – моторное масло SAE 5W-40;
- 2 – моторное масло SAE 5W-40 + 1% олеат меди;
- 3 – моторное масло SAE 5W-40 + 1% олеат цинка;
- 4 – моторное масло SAE 5W-40 + 1% олеат олова

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

67

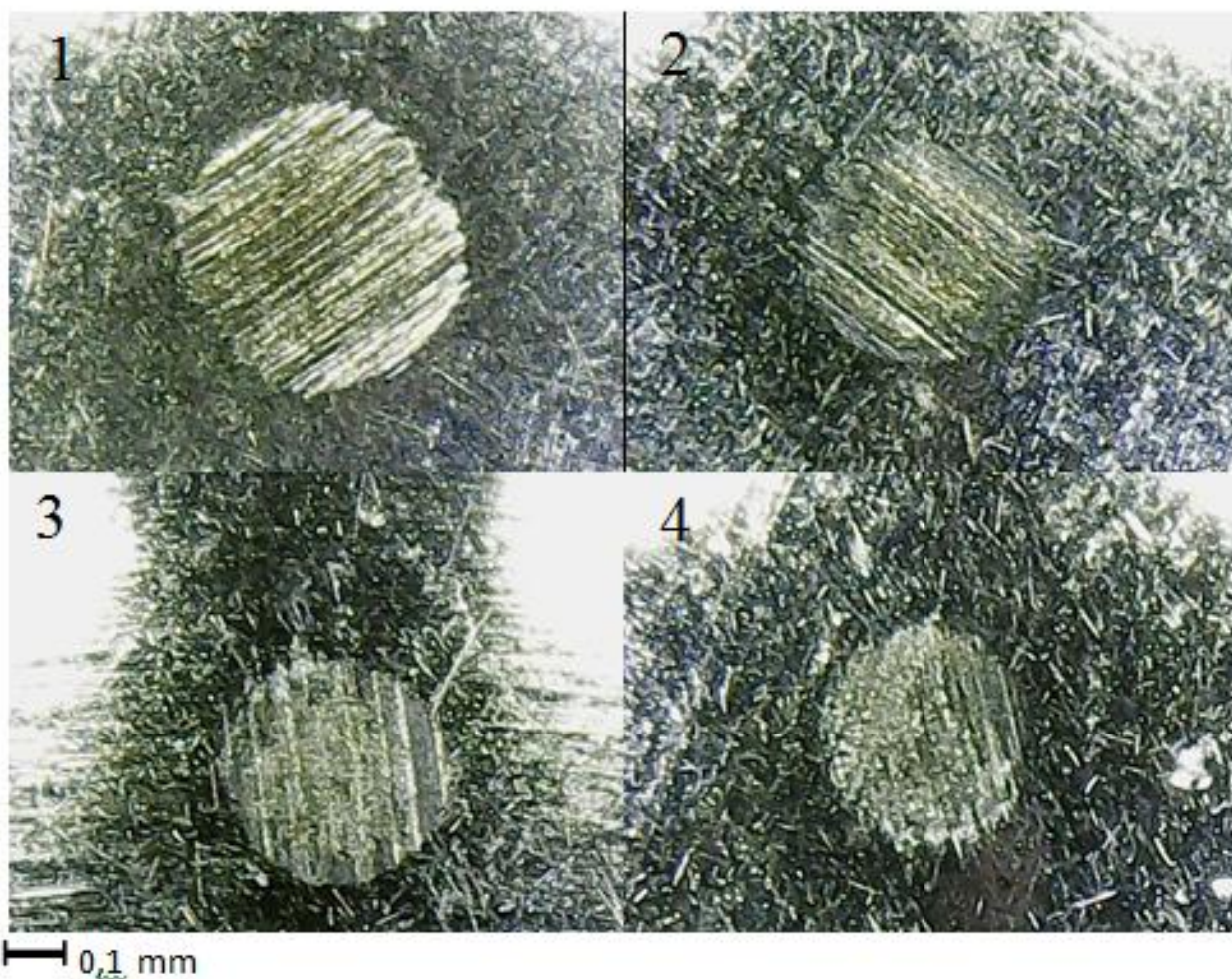


Рисунок 2.5 – Диаграмма результатов измерений

Представленные образцы на рисунке 2.5:

- 1 – моторное масло SAE 5W-40;
- 2 – моторное масло SAE 5W-40 + 1% олеат меди;
- 3 – моторное масло SAE 5W-40 + 1% олеат цинка;
- 4 – моторное масло SAE 5W-40 + 1% олеат олова

2.2.3 Испытания промышленного масла

Промышленное масло для исследований было выбрано в виду отсутствия присадок, мы можем увидеть прямое влияние добавок на противоизносные свойства. На рисунке 2.6 приведены результаты экспериментов с чистым маслом И40А и его композициями с олеатами меди, олова и цинка. На рисунке 2.7 показаны пятна износа после проведения опытов при заданной нагрузке в 392 Н м

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

68

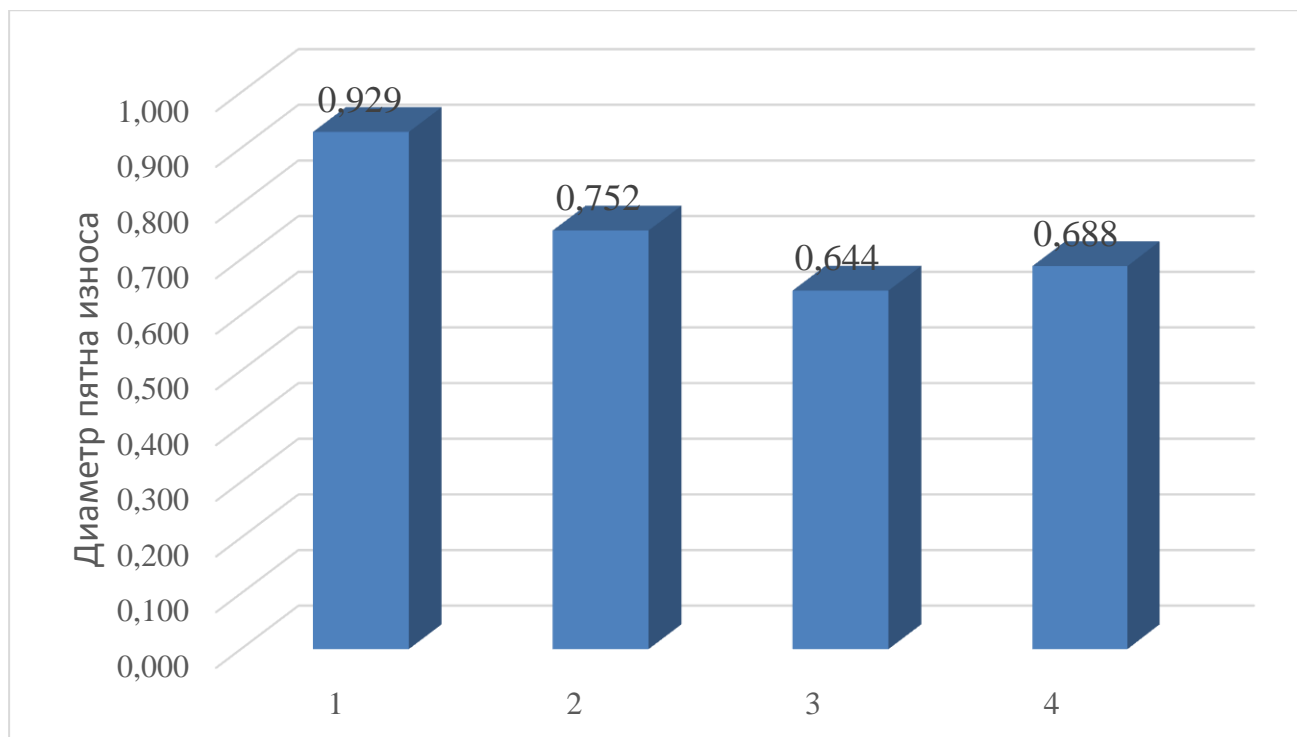


Рисунок 2.6 – Диаграмма результатов измерений

Представленные образцы на рисунке 2.6:

- 1 – Индустриальное масло И40А;
- 2 – Индустриальное масло И40А + 1% олеат меди;
- 3 – Индустриальное масло И40А + 1% олеат цинка;
- 4 – Индустриальное масло И40А + 1% олеат олова

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

69



Рисунок 2.7 – Диаграмма результатов измерений

Представленные образцы на рисунке 2.7:

- 1 – Индустриальное масло И40А;
- 2 – Индустриальное масло И40А + 1% олеат меди;
- 3 – Индустриальное масло И40А + 1% олеат цинка;
- 4 – Индустриальное масло И40А + 1% олеат олова

Результаты испытаний на износостойкость показали, что все три олеата приводят к почти одинаковому снижению износа. Диаметр пятна износа уменьшается на 20 – 30% за счет добавления олеатов олова, цинка и меди в моторное и промышленное масло.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

Лист

70

Сравнение результатов испытаний на износ с результатами испытаний на трение показывает, что результаты испытаний на четырехшариковой машине были так же близки, как и при высокотемпературных испытаниях. Это может быть связано с тем, что вторичные адсорбционные структуры вследствие адсорбции олеатов на поверхности металла разрушаются при высоких контактных давлениях и напряжениях сдвига. Эти структуры при умеренных контактных давлениях и температурах вызывают различие в антифрикционных свойствах присадок.

Адсорбция продуктов разложения добавок (олеиновой кислоты) играет основную роль при высоких напряжениях сдвига, а также при высоких температурах. Влияние параметров ионов металла на структуру адсорбированного слоя минимально.

2.3 Испытания смазочных материалов на машине трения ИИ5018

При подборе смазочных материалов для испытаний основной задачей было найти такие СМ, чтобы была возможность их сравнения, также СМ должны быть актуальны для применения потребителями. Моторным маслом для экспериментов было выбрано масло Sintec 5w40, в виду своей своей доступности и распространенности. А для проверки противоизносных качеств именно добавляемых металлосодержащих присадок было выбрано промышленное масло И40А, не содержащее в своем составе никаких присадок. Соответственно, на результаты экспериментов с добавками не могут повлиять присадки, которые содержатся в моторных маслах.

На серийных машинах трения типа ИИ 5018 расчет коэффициента трения осуществляется на основе экспериментального измерения момента трения

$$f = \frac{2M_{mp}}{d_0 \cdot F_1}, \quad (1)$$

где F_1 – сила сжатия образцов,

									Лист
									71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ				

d_0 – диаметр нижнего ролика,

$M_{тр}$ – момент трения.

Из (1) следует, что основные погрешности, влияющие на величину f , могут возникать только при определении $M_{тр}$, d_0 и установки F_1 , т.к. погрешность современных средств измерений на машинах трения, например, выпускаемых ОАО «Точприбор», весьма незначительны.

С каждым образцом присадки готовили смазочные композиции. Массовая концентрация присадки составила 1% в синтетическом моторном масле класса вязкости SAE 5W-40 (API SN/CF) и в индустриальном масле И40А [23]. Индустриальное масло И40А очищенное масло без добавок для промышленного оборудования.

Исследовано влияние олеатов металлов на коэффициент трения пары трения сталь-сталь. Коэффициент трения определяли на машине трения ИИ 5018 по схеме "ролик-колодка" при различных температурах. Скорость скольжения во фрикционном контакте составляла 2,3 м/с. Температура на фрикционном контакте контролировалась термопарой, установленной в частичном вкладыше на расстоянии 5 мм от рабочей поверхности. Смазку с добавкой подавали в зону трения самотеком со средней скоростью 1 капля в 2 секунды.

Каждый опыт повторяли от 3 до 6 раз. Результаты опытов приведены на рисунках 2.8-2.11

										Лист
										72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.04.03.2019.223.00 ПЗ					

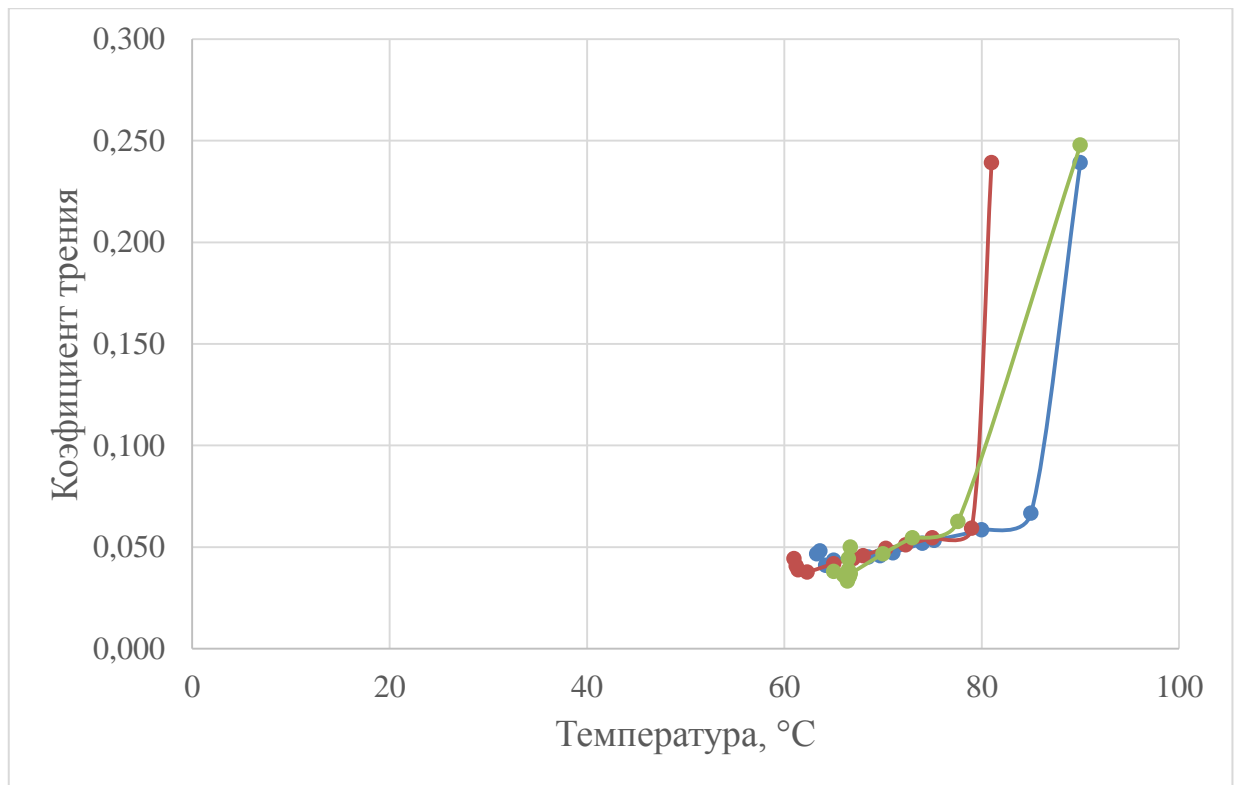


Рисунок 2.8 – График зависимости коэффициента трения от температуры для индустриального масла И-40А

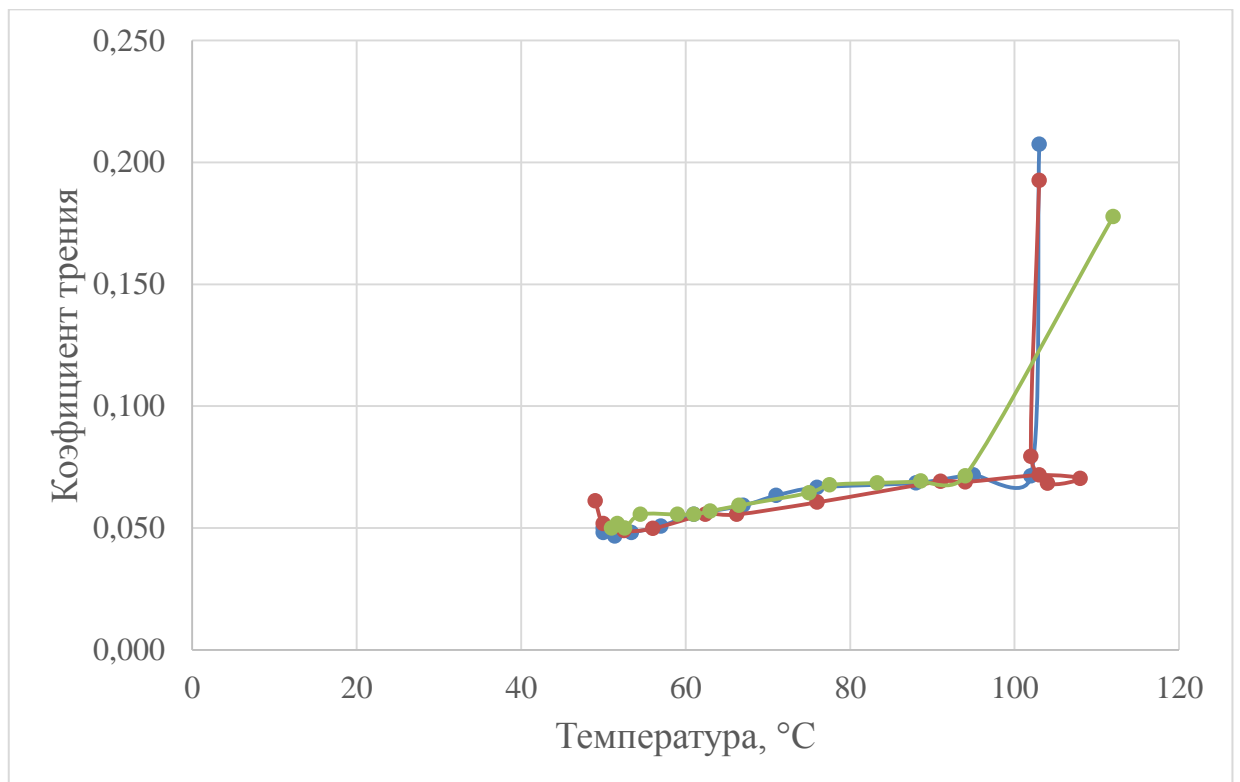


Рисунок 2.9 – График зависимости коэффициента трения от температуры для индустриального масла И-40А с добавлением 1% олеата меди

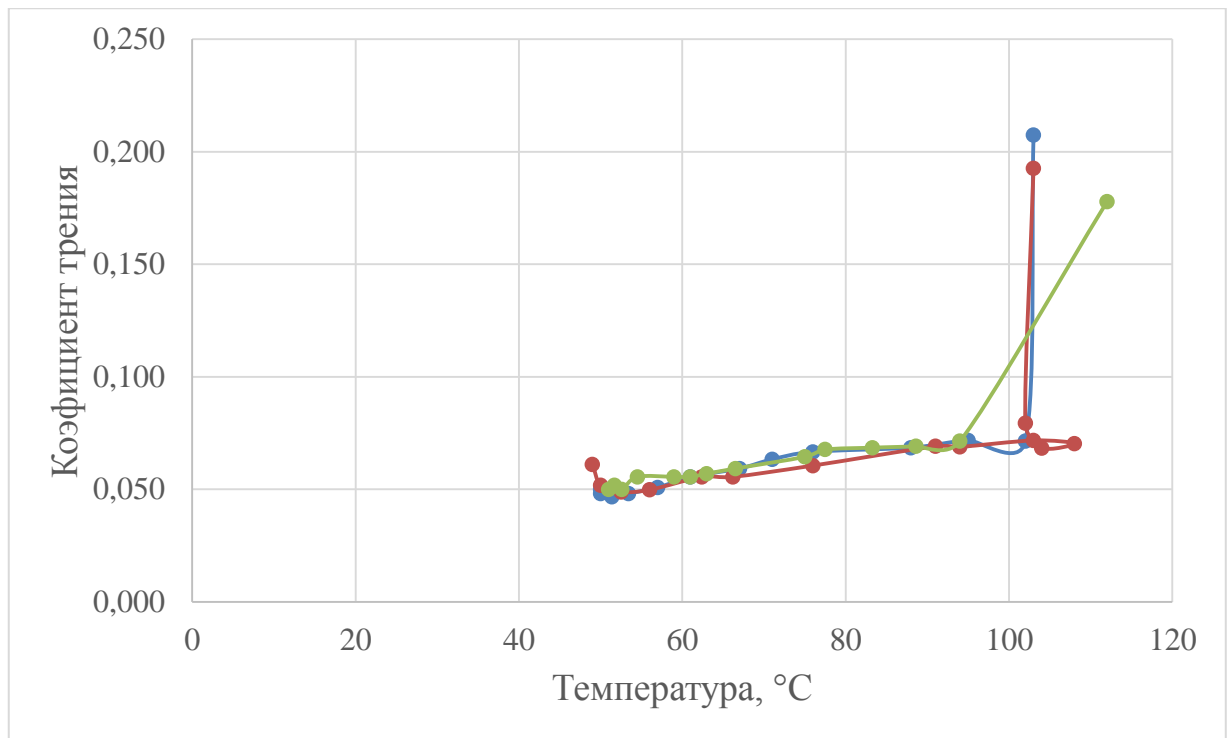


Рисунок 2.10 – График зависимости коэффициента трения от температуры для индустриального масла И-40А с добавлением 1% олеата олова

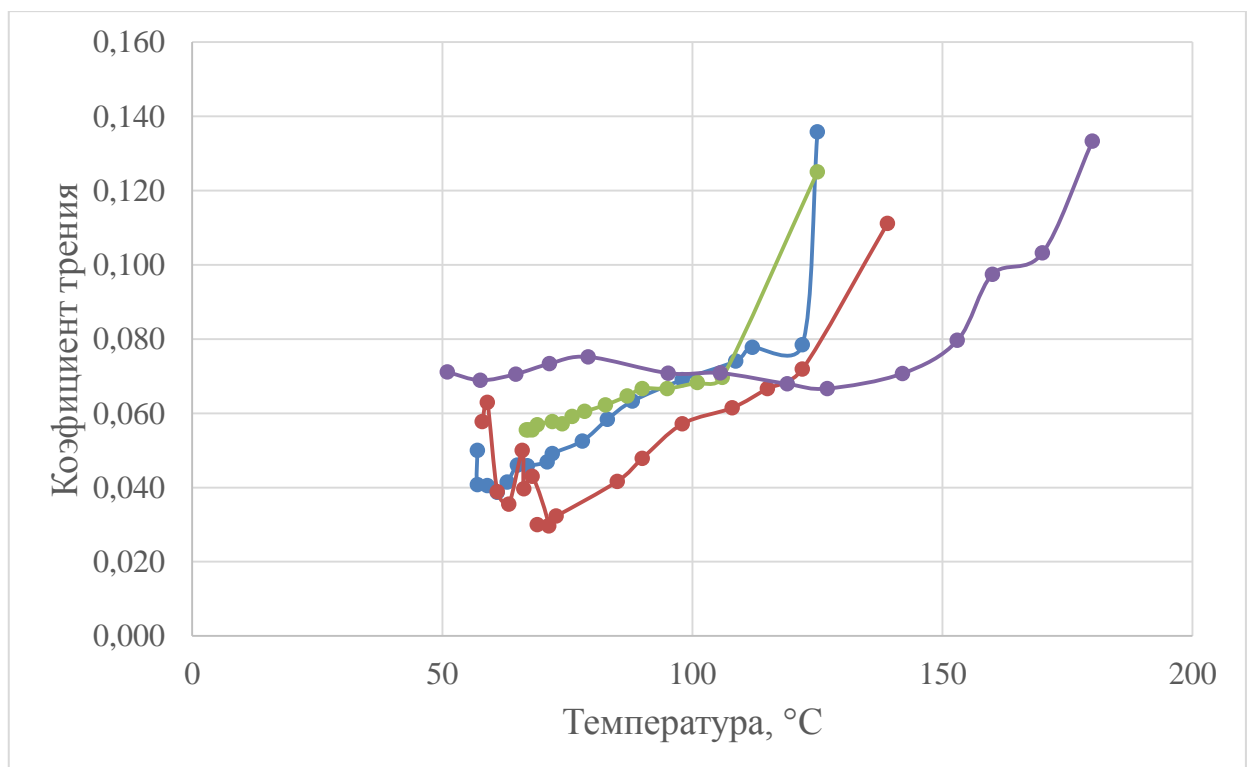


Рисунок 2.11 – График зависимости коэффициента трения от температуры для индустриального масла И-40А с добавлением 1% олеата цинка

Усредненные результаты измерения коэффициента трения представлены на рисунке 2.12.

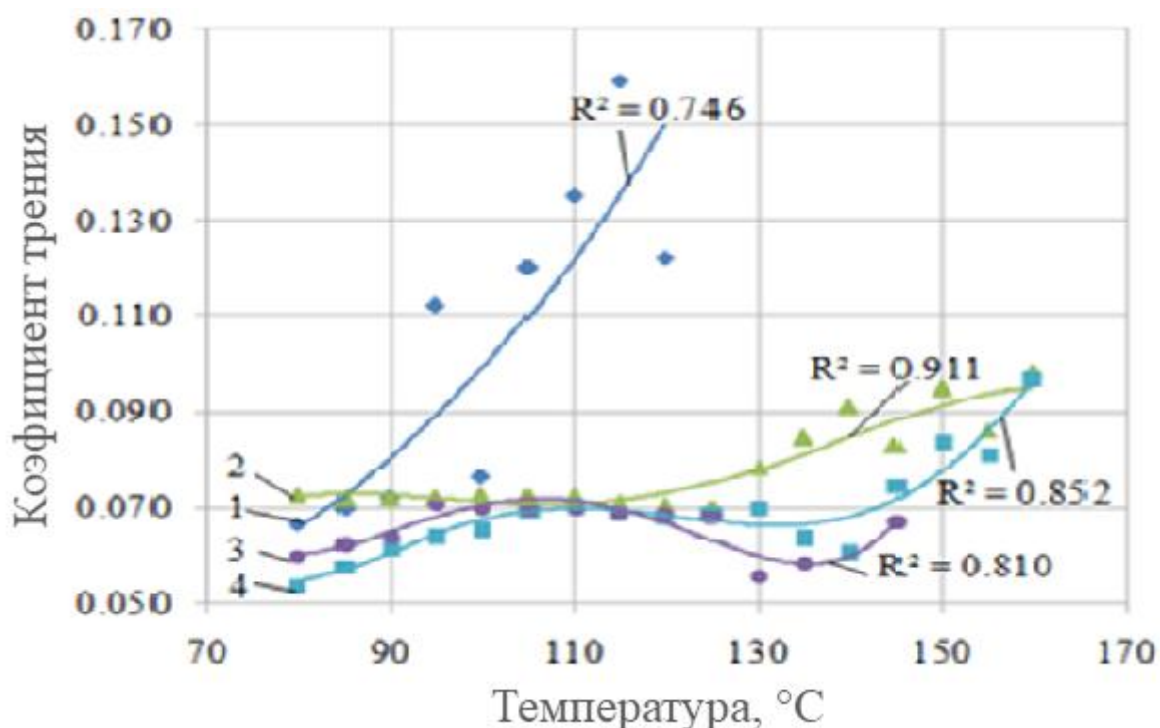


Рисунок 2.12 – График температурной зависимости коэффициента трения (нагрузка 8 МПа) для индустриального масла

Представленные образцы на рисунке 2.12:

- 1 – Индустриальное масло И40А;
- 2 – Индустриальное масло И40А + 1% олеат меди;
- 3 – Индустриальное масло И40А + 1% олеат цинка;
- 4 – Индустриальное масло И40А + 1% олеат олова.

Исследовано влияние олеатов металлов на коэффициент трения пары трения сталь-сталь при использовании синтетического моторного масла класса вязкости SAE 5W-40 (API SN/CF) Каждый опыт повторяли от 3 до 6 раз. Результаты опытов приведены на рисунках 2.13-2.16

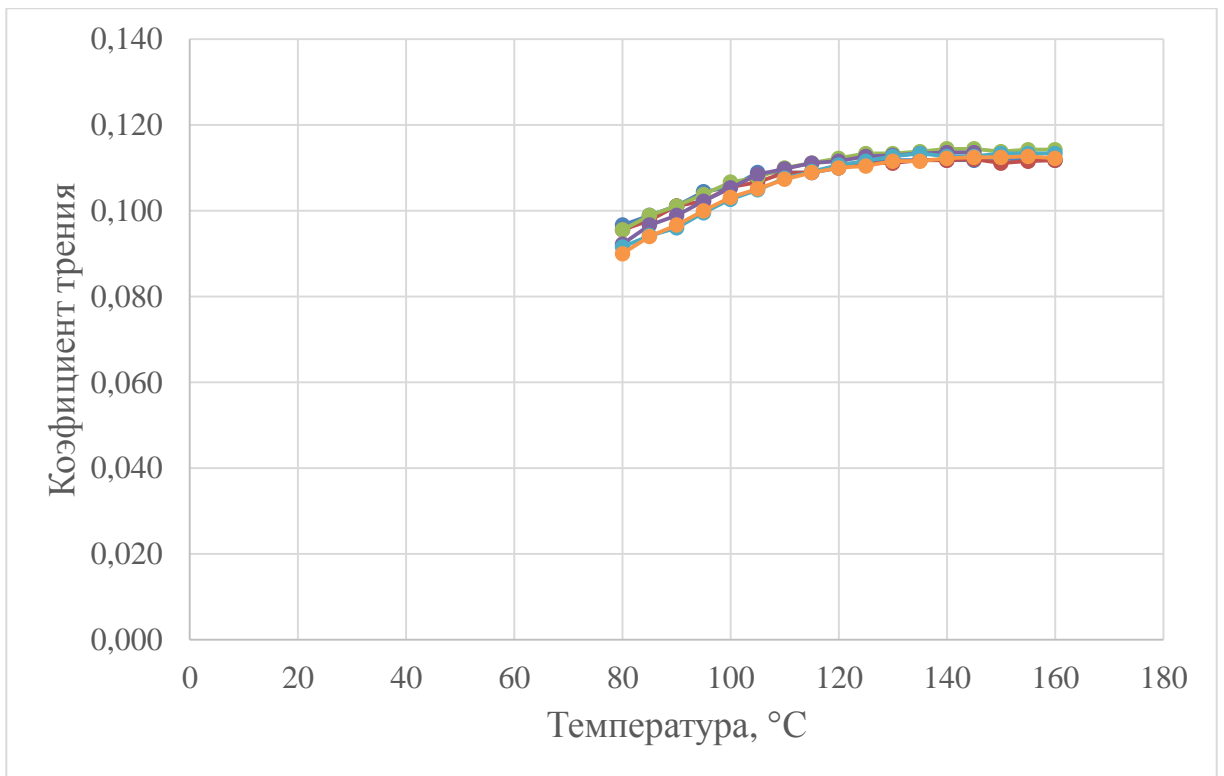


Рисунок 2.13 – График зависимости коэффициента трения от температуры для синтетического моторного масла Sintec 5w40 API SN/SF

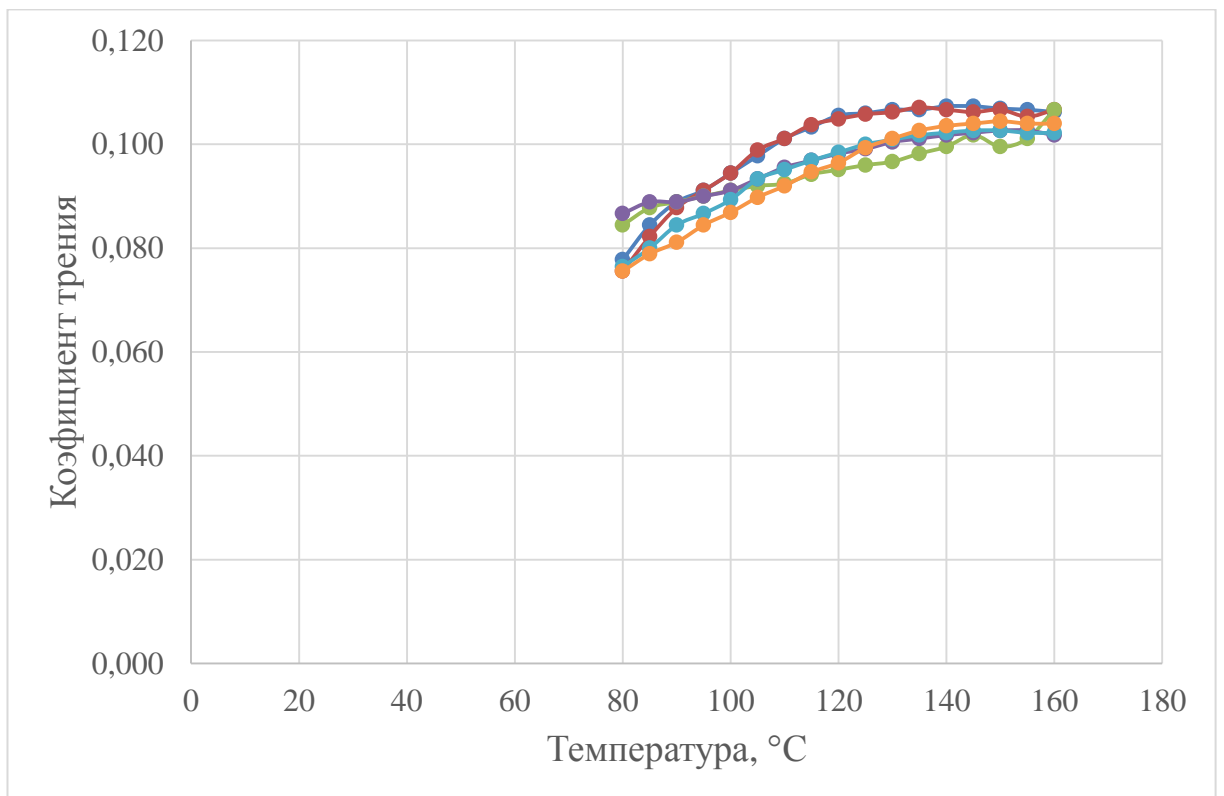


Рисунок 2.14 – График зависимости коэффициента трения от температуры для моторного масла Sintec 5w40 API SN/SF с добавлением 1% олеата меди

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

23.04.03.2019.223.00 ПЗ

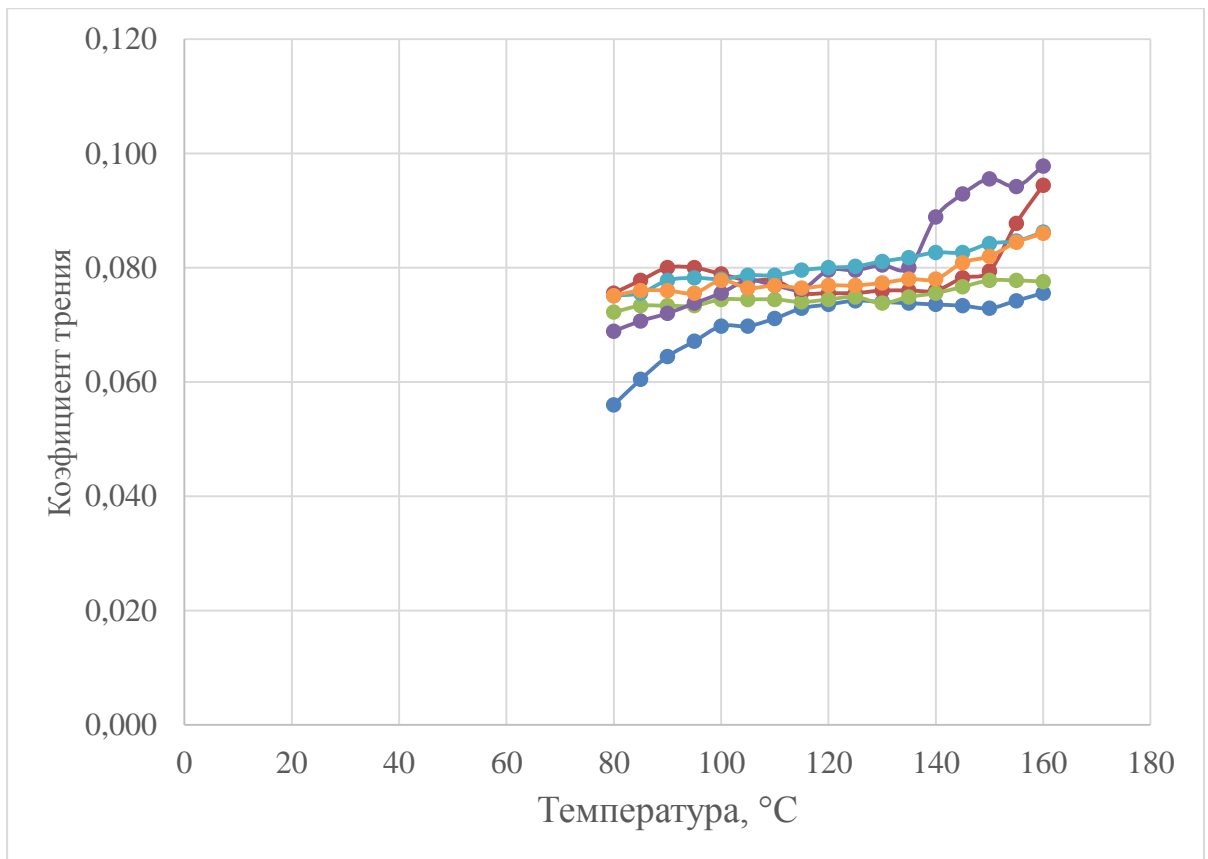


Рисунок 2.15 – График зависимости коэффициента трения от температуры для моторного масла Sintec 5w40 API SN/SF с добавлением 1% олеата олова

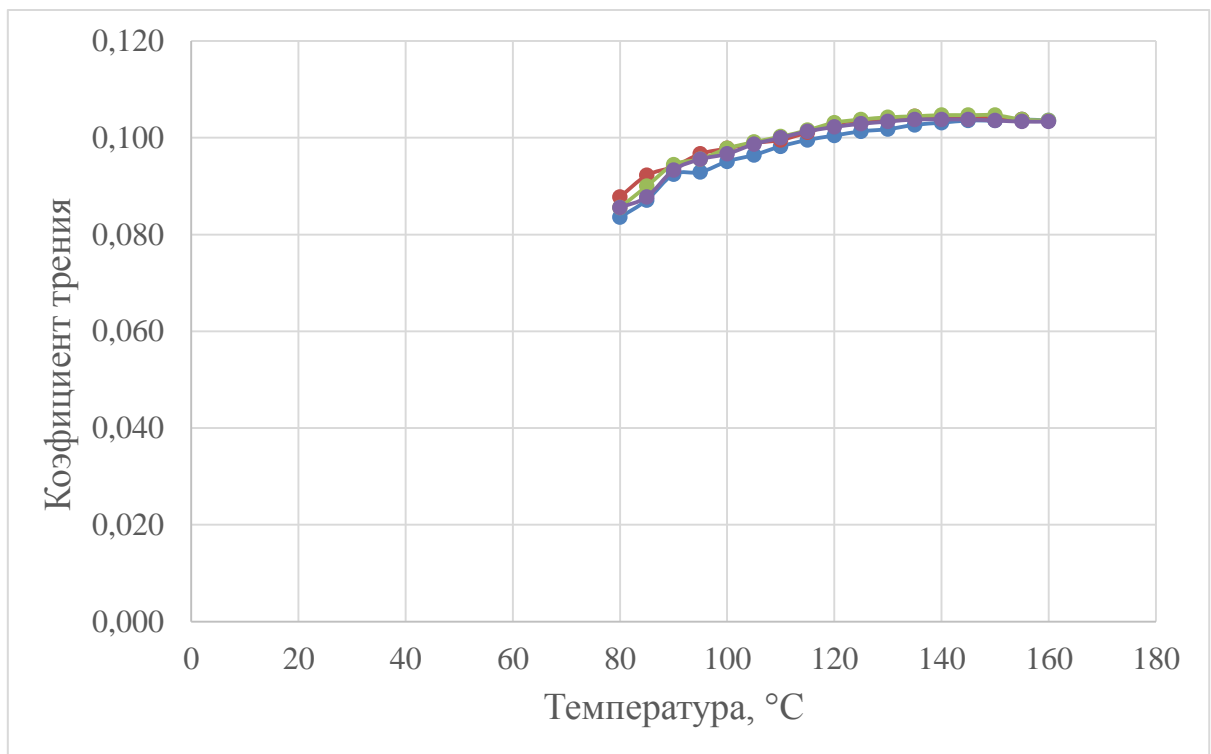


Рисунок 2.16 – График зависимости коэффициента трения от температуры для моторного масла Sintec 5w40 API SN/SF с добавлением 1% олеата цинка

Усредненные результаты измерения коэффициента трения представлены на рисунке 2.17.

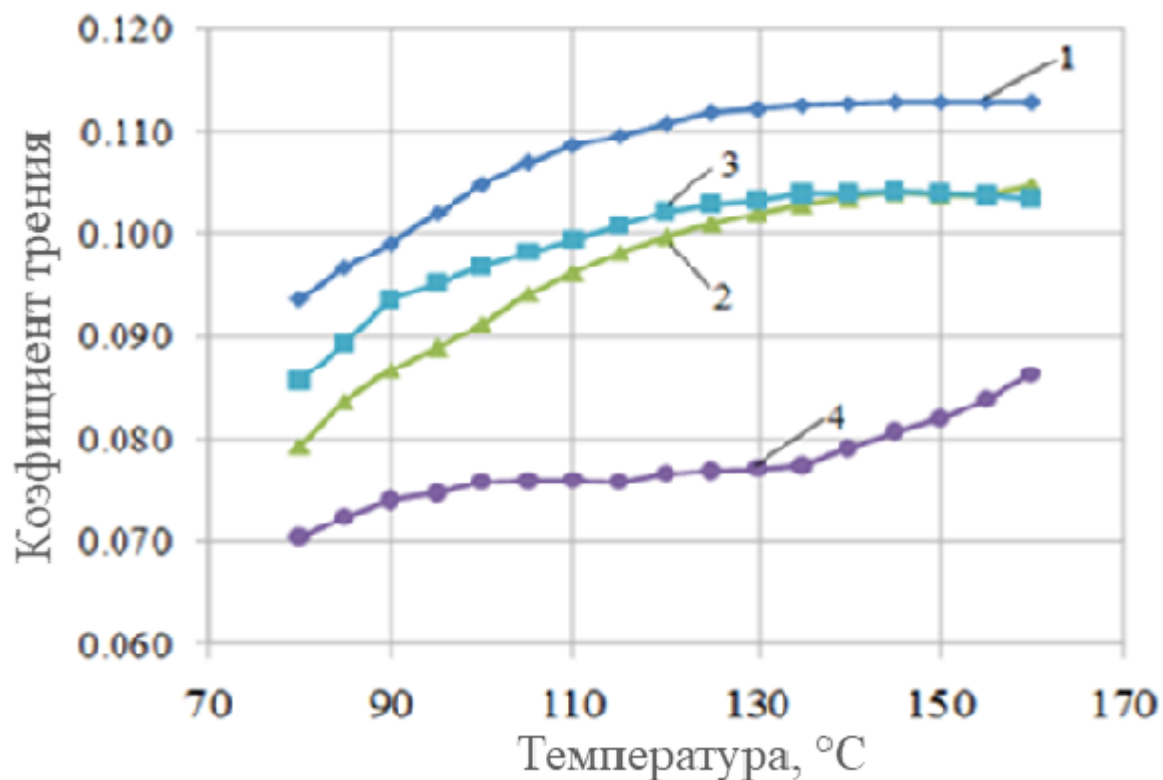


Рисунок 2.17 – График температурной зависимости коэффициента трения (нагрузка 8 МПа) для моторного масла Sintec SAE 5w40 API SN/SF

Представленные образцы на рисунке 2.17:

- 1 – моторное масло Sintec SAE 5W-40;
- 2 – моторное масло Sintec SAE 5W-40 + 1% олеат меди;
- 3 – моторное масло Sintec SAE 5W-40 + 1% олеат цинка;
- 4 – моторное масло Sintec SAE 5W-40 + 1% олеат олова.

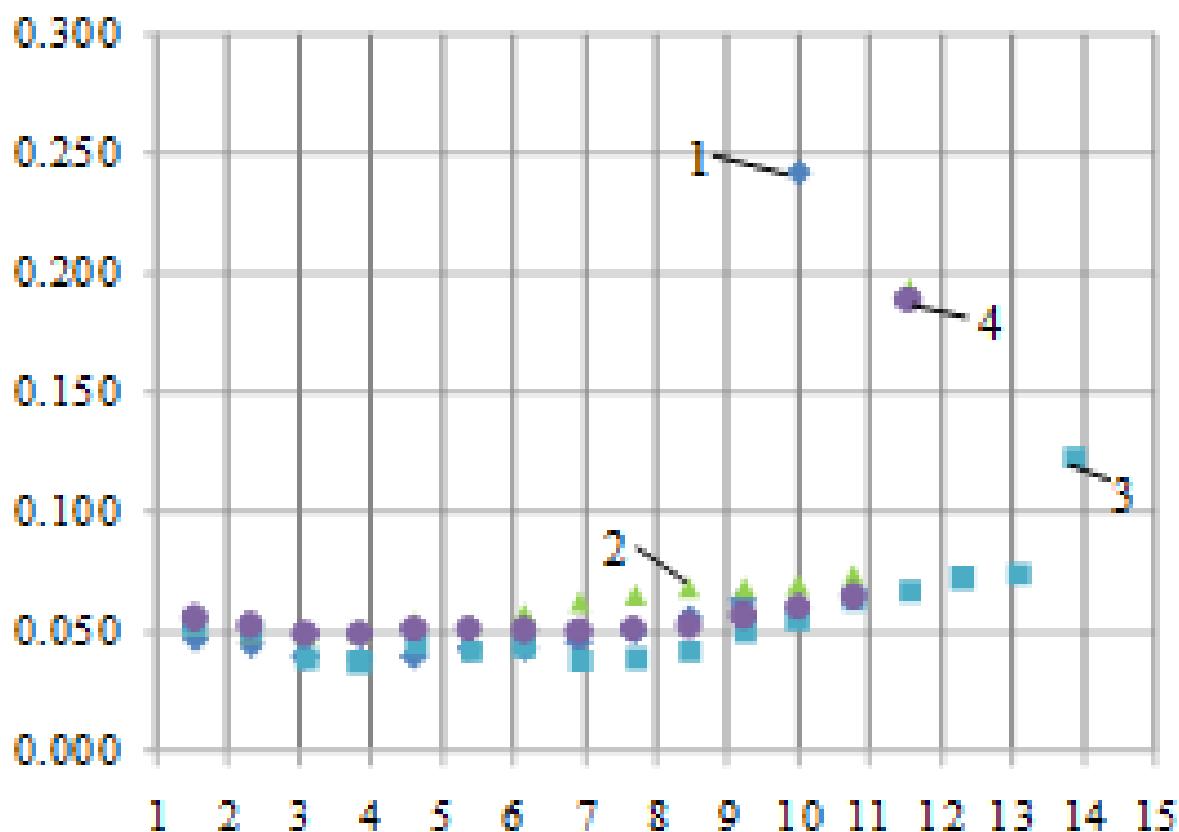


Рисунок 2.3 - Зависимость коэффициента трения от удельной нагрузки(Мпа) для масла И40А

Результаты показывают, что олеат меди снижает коэффициент трения в контакте на 7% -15% при добавлении в моторное масло. Олеат цинка приводит к аналогичному эффекту и снижает коэффициент трения на 5,5% -8,5%. Олеат олова приводит к снижению коэффициента трения на 23,5%-31%.

Эффект имеет место в индустриальном масле. В этом случае температурный диапазон промышленного масла становится значительно больше. Масло без присадок приводит к резкому увеличению коэффициента трения при контактном трении при температуре выше 95 градусов. Кроме того, олеат меди, цинка и олова увеличивают нагрузку, при которой происходит переход к граничному режиму трения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

					23.04.03.2019.223.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		ЯП

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

					23.04.03.2019.223.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81