

Андросов П.В.

Грузчик

Газпром Трансгаз Ухта

Россия, Республика Коми, город Ухта

ПРИМЕНЕНИЕ АНТИФРИКЦИОННОЙ ПРИСАДКИ К МОТОРНОМУ МАСЛУ

Анотация

Известно, что в настоящее время основным потребителем топлив и смазочных материалов на нефтяной основе являются двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Поэтому повышение срока службы агрегатов, использующих продукты переработки нефти, становится, все более актуальной задачей.

Для автомобильных двигателей, как наиболее распространенных источников механической энергии, перспективным путем для снижения удельного расхода топлива является увеличение эффективной работы за счет снижения потерь энергии, затрачиваемой на трение в узлах, основные потери на трение заключены в цилиндро-поршневой группе (ЦПГ).

Ключевые слова: моторное масло, антифрикционная присадка, цилиндро-поршневая группа, двигатель внутреннего сгорания, механические потери, эффективность.

Androsov P.V.

Loader

Gazprom Transgaz Ukhta

Russia, Komi Republic, Ukhta city

APPLICATION OF ANTIFRICTION ADDITIVE TO ENGINE OIL

Anotation

It is known that currently the main consumer of fuels and lubricants based on petroleum are internal combustion engines (ICE). Therefore, increasing the

service life of units using oil refining products is becoming an increasingly urgent task.

For automobile engines, as the most common sources of mechanical energy, a promising way to reduce specific fuel consumption is to increase efficient operation by reducing energy losses spent on friction in the nodes, the main friction losses are enclosed in the cylinder-piston group (CPG).

Keywords: engine oil, antifriction additive, cylinder-piston group, internal combustion engine, mechanical losses, efficiency.

Теоретические основы, механизм действия, состав и свойства АФП FENOM. Поскольку антифрикционная присадка FENOM на предварительных испытаниях обнаружил наилучшее сочетание совокупных свойств, то имело смысл показать "теоретические предпосылки для его разработки, а также описать наиболее вероятный механизм действия и состав данного препарата.

Известно, что из двух составляющих силы трения металлов (адгезионная и деформационная), наиболее важными принято считать первую, т.е. $F=A\tau$ следовательно, для снижения силы трения между поверхностями необходимо уменьшать как площадь контакта (A), так и сопротивление срезу τ . Однако для большей части металлов и сплавов это трудно осуществить.

Так, если выбрать металл с низким сопротивлением срезу, то при данной нагрузке площадь контакта (A) при неизбежной мягкости металла окажется большой. Наоборот, если выбрать твердый металл, то площадь контакта (A) будет мала, но при этом значение τ окажется большим.

Техническое противоречие разрешается в случае нанесения очень тонкой пленки мягкого металла на твердую поверхность матрицы (основного металла). В этом случае сопротивление срезу τ оказывается как у мягкого металла (т.е. незначительное) и величина (A) будет сохраняться

также небольшой, ибо нагрузку будет нести твердая основа. Следовательно произведение (A) на τ сохранится незначительно, т.е. сила трения будет минимальна.

Именно к этим теоретическим основам "идеальной" пары трения приближается механизм действия рассматриваемого препарата FENOM. Из открытых описаний принципа действия АФП FENOM следует, что последний формирует на поверхностях трения железосодержащих металлов сверхтонкую (около 0,025 мкм) пленку химически чистого железа, которая, как известно, относится к мягким металлам. С другой стороны, в описаниях разработчика приводятся сведения о наличии в структуре граничной пленке поверхностей трения обработанных FENOM материалов фаз углерода в так называемом алмазо-подобном состоянии.

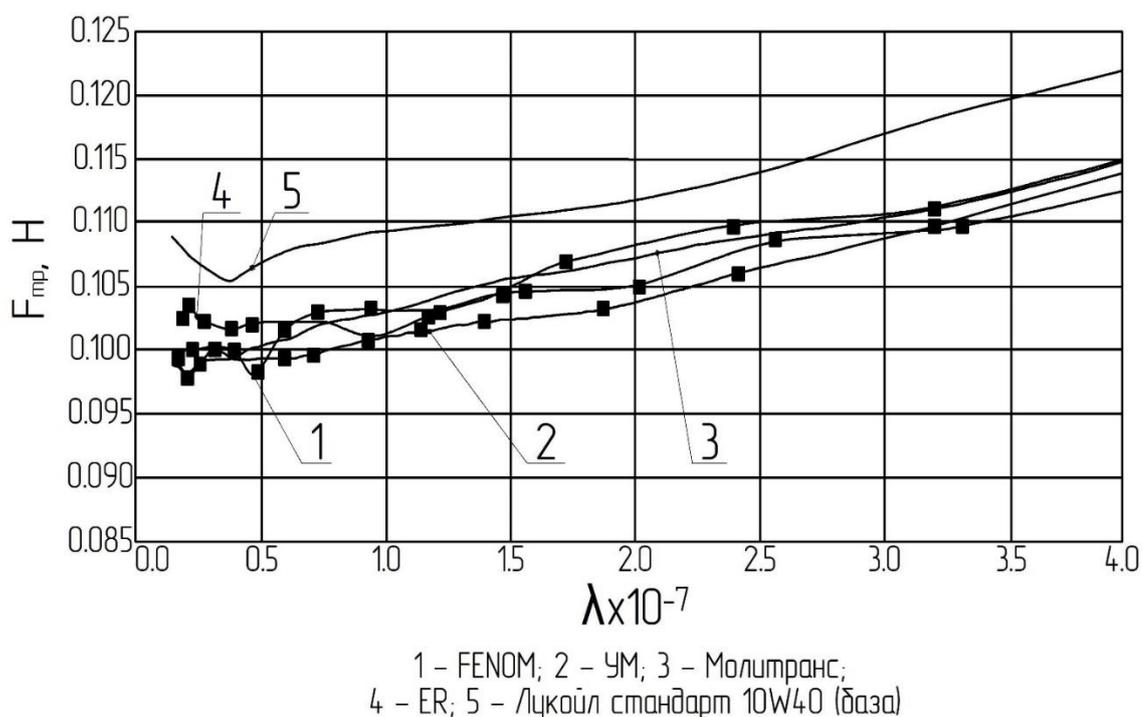
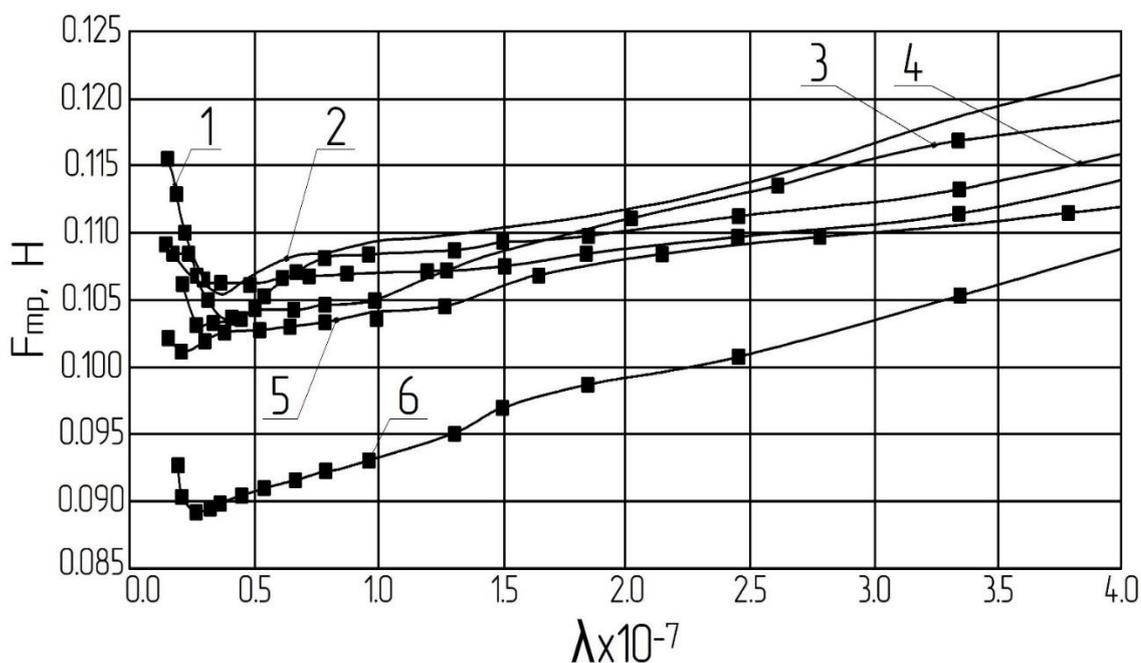


Рисунок 1 – Кривые Штрибека для моторных смазочных композиций



1 - Супермет Экстра; 2 - Лукойл стандарт 10W-40 (база);
 3 - АМД; 4 - Autoplus; 5 - BioTech with LXE; 6 - PM Ceramic

Рисунок 1.1– Кривые Штрибека для моторных смазочных композиций

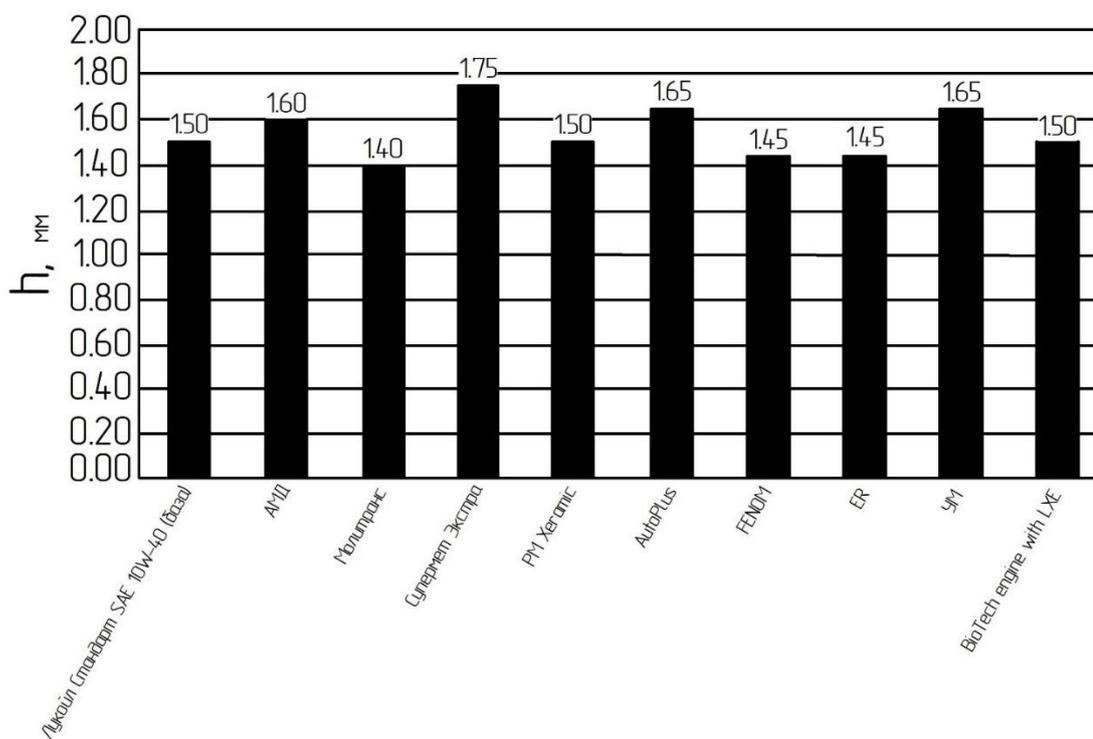


Рисунок 1.3– Диаграмма противоизносности моторных смазочных композиций

Относительно последних известно, что алмазо-подобные структуры, характерные для углеводородных (метиленовых) цепей, обладают высочайшей "атомной упругостью": модуль их осевой упругости практически равен модулю юнга алмаза. Этим объясняется сверхвысокая (в десятки раз большая, чем у обычных материалов) задиристость обработанных FENOM поверхностей трения.

Подробный механизм действия данного препарата в настоящее время до конца не изучен. Однако методами Оже-спектроскопии точно установлено наличие вышеуказанных компонентов в рассматриваемых парах трения.

Химический состав (формула) АФП FENOM (ТУ-0257-002-18948455-99) является предметом коммерческой тайны производителя - ООО "Лаборатория триботехнологии" (Россия). Из описания и Гигиенического сертификата данного препарата известно, что его основу составляют хлорпарафины, т.е. FENOM следует отнести к продуктам химического синтеза.

Внешне FENOM представляет собой вязкую прозрачную жидкость желтоватого цвета, без запаха, не токсичную, трудно горючую. FENOM химически совместим (растворим) практически со всеми техническими жидкостями, которые использует лишь в качестве носителя - для доставки к парам трения. FENOM рекомендуется добавлять к смазочному материалу в достаточно низкой концентрации: не более 3%. Основные физико-химические показатели АФП FENOM приведены в таблице 1

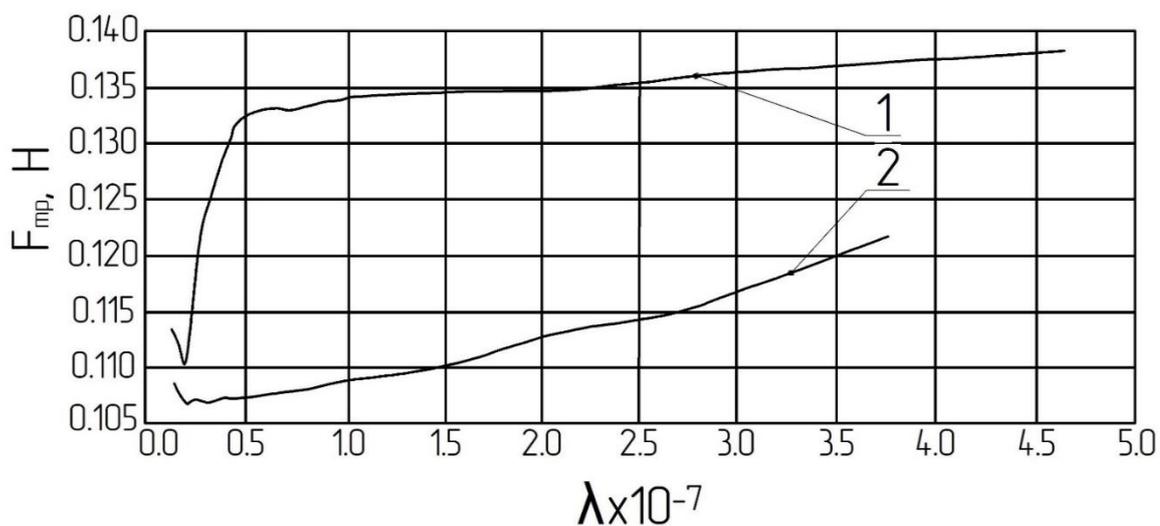
Таблица 1– Основные физико-химические показатели АФП FENOM

| Показатель | FENOM |
|---|---------------|
| Плотность при 20°C, кг/м ³ (ГОСТ 18996.1-73) | 1,18- 1,19 |
| Вязкость кинематическая при 20°C, сСт (ГОСТ 33-82) | 380,0 |

| | |
|---|----------|
| Вязкость динамическая (40°C), МПа·с, в пределах (ГОСТ 1929-87) | 40.0-700 |
| Температура вспышки в открытом тигле, °С (ГОСТ 4333-87) | 410-415 |
| Цветность по йодной шкале, мг I ₂ /100 мл, не менее (ГОСТ 14871) | 0,5 |

Следующим шагом было исследование взаимодействия АФП FENOM с различными материалами, характерными для пар трения ДВС. Для этого использовали нижние (вращающиеся) образцы из таких материалов как: алюминиевый сплав, бронзовый сплав, полированный хром. В качестве базы сравнения брались результаты, полученные на этих же парах трения, но работавших на чистом масле.

В случае пары трения хром-чугун (рисунок 1.4) применение FENOM вызвало значимое снижение коэффициента трения в области гидродинамического режима: $\Delta f_{cp} = 0,118 - 0,108 = 0,010$ (8,5%). При этом наличие FENOM в моторном масле существенным образом повлияло на характер кривой Штрибека смазываемой пары хром-чугун, а именно - привело к более плавному и пологому изменению графика зависимости коэффициента трения от числа Герси.



1 – смазочная композиция Лукойл стандарт 10W-40 (база);
2 – смазочная композиция база + FENOM

Рисунок 1.4– Кривые Штрибека, пары трения хром-чугун

В паре бронза-чугун рисунок 1.5., FENOM обеспечил наибольшее относительное снижение коэффициента трения во всем диапазоне нагрузок: $\Delta f_{cp} = 0,161 - 0,130 = 0,031$ (19,3%). Однако работа данной пары независимо от смазочного материала характеризовалась высокими абсолютными значениями коэффициента трения и преобладанием в ходе испытаний граничного режима трения материалов.

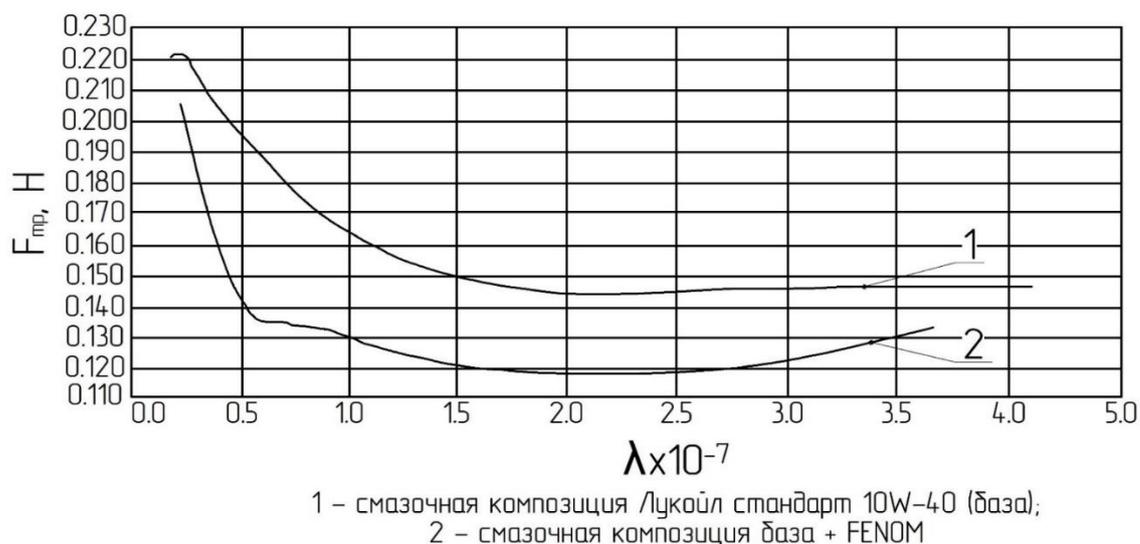


Рисунок 1.5– Кривые Штрибека, пара трения бронза-чугун

Средний по уровню антифрикционный эффект дало применение FENOM при смазке пары алюминий-чугун (рисунок 1.6), значимое снижение коэффициента трения во всем диапазоне нагрузок составило $\Delta f_{cp} = 0,106 - 0,091 = 0,015$ (14,2%). При этом собственно режим трения данной пары оказался наиболее благоприятным: самый низкий уровень средних значений коэффициента трения.

Влияние FENOM на износостойкость материалов (рисунок 1.7) отличалось от вышерассмотренного влияния на антифрикционность: введение FENOM в моторное масло вызвало как повышение (в случае материалов сталь, хром и бронза), так и снижение (в случае алюминия) относительной износостойкости.

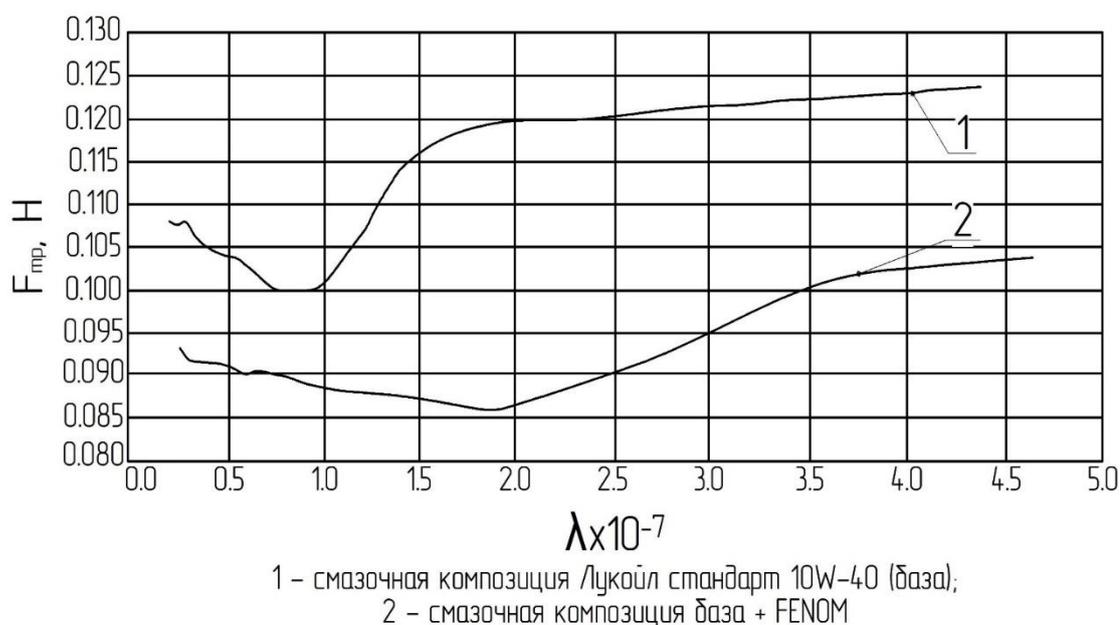


Рисунок 1.6– Кривые Штрибека, пара трения алюминий-чугун

Совместный анализ средних трибологических показателей влияния FENOM на различные материалы пары трения позволил установить следующее:

- введение FENOM в моторное масло улучшило антифрикционные свойства поверхностей всех исследованных материалов данной серии;
- наибольшее относительное снижение коэффициента трения достигнуто на паре трения бронза-чугун, наименьшее - на паре хром-чугун. Однако при этом работа пары трения бронза-чугун проходила преимущественно в граничном режиме, сопровождаемом высокими значениями коэффициента трения;
- пара трения алюминий-чугун независимо от смазочного материала характеризовалась минимальными средними значениями коэффициента трения.

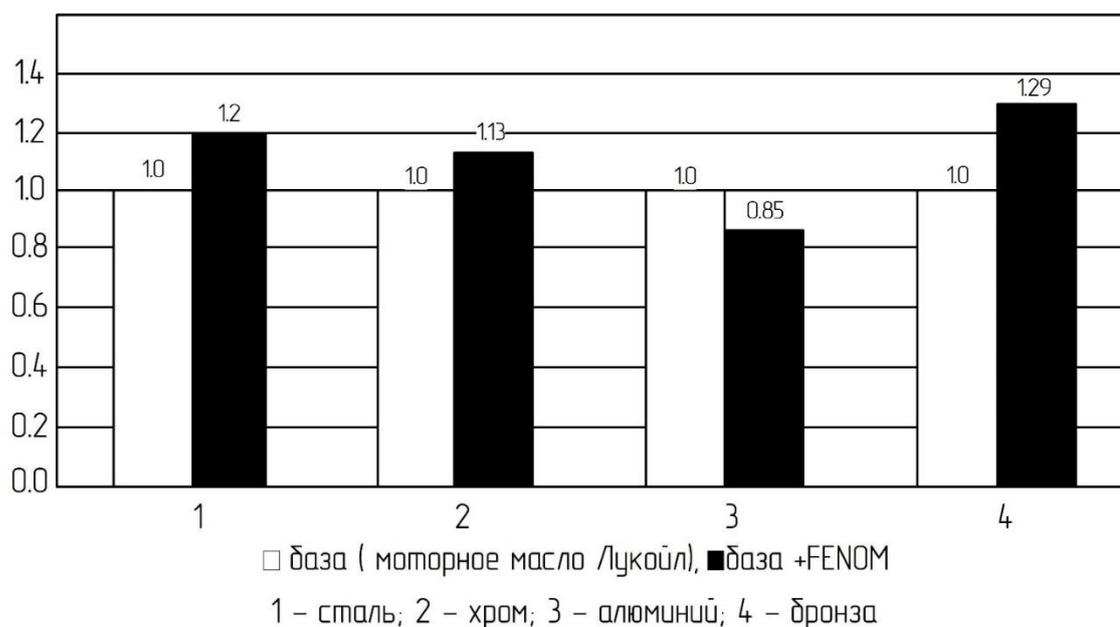


Рисунок 1.7– Относительная износостойкость различных материалов образцы пар трения

Таким образом, пары трения типа "цветной металл-чугун" отличались по трибологическим свойствам от пары сталь-чугун. При этом пара алюминий-чугун имела наиболее, а пара бронза-чугун - наименее выраженный трибологический эффект. Применение FENOM для смазки пар трения типа "цветной металл-чугун" усилило их трибологическую эффективность.

Итоговые результаты испытаний АФП и конструкционных материалов на машине трения представлены трибологическим паспортам (таблица 1.2).

Таблица 1.2– Трибологический паспорт материалов пар трения

| № п/п | Смазочный материал | Пара трения | Средний коэффициент трения на различных режимах работы | | | | Относительная износостойкость | Место по свойствам | | |
|-------|--------------------|----------------|--|-----------|-------------------|-----------|-------------------------------|--------------------|--------------|-------|
| | | | Граничный | Смешанный | Гидродинамический | Суммарный | | Антифрикц. | Износостойк. | Общее |
| 1 | База | Сталь-чугун | 0,121 | 0,120 | 0,125 | 0,122 | 1,00 | 6 | 5 | 6 |
| 2 | База + FENOM | | 0,110 | 0,110 | 0,112 | 0,110 | 1,20 | 4 | 2 | 2 |
| 3 | База | Хром-чугун | 0,113 | 0,110 | 0,130 | 0,118 | 1,00 | 5 | 5 | 5 |
| 4 | База + FENOM | | 0,108 | 0,107 | 0,110 | 0,108 | 1,13 | 3 | 3 | 2 |
| 5 | База | Алюминий-чугун | 0,106 | 0,100 | 0,113 | 0,106 | 1,00 | 2 | 5 | 3 |
| 6 | База + FENOM | | 0,090 | 0,086 | 0,097 | 0,091 | 0,85 | 1 | 4 | 1 |
| 7 | База | Бронза-чугун | 0,193 | 0,144 | 0,146 | 0,161 | 1,00 | 8 | 5 | 7 |
| 8 | База + FENOM | | 0,146 | 0,118 | 0,126 | 0,130 | 1,29 | 7 | 1 | 4 |

Учитывая то, что в настоящее время получили широкое распространение моторные масла с разными основами (минеральная, полусинтетическая, полностью синтетическая), определенный интерес представляло выяснение эффективности применения АФП FENOM для подобных условий.

Для испытаний были взяты следующие масла: Спектрол Турбоуниверсал SAE 10W-40 API SJ/CF, (полусинтетическое), Спектрол Поларм SAE 0W-40 API SJ/CF (синтетическое), BP VISCO-5000 SAE 5W-40 API SJ/CF (синтетическое). В качестве базы сравнения служило минеральное моторное масло Спектрол Суперуниверсал SAE 15W-40 API SF/CC.

Испытания выявили следующую картину. Введение FENOM в полусинтетическое моторное масло (рисунок 1.8) привело к улучшению антифрикционных свойств смазочного материала: кривая 2, практически повторяя форму кривой 1, располагалась ниже на всем диапазоне нагрузок. Однако, в отличие от минерального моторного масла, значимое отличие величин коэффициента трения обнаружено только в гидродинамическом

режиме: $\Delta f = 0,122 - 0,116 = 0,006$ (4,9%). Обращает на себя внимание и то, что кривая Штрибека для смеси полусинтетическое моторное масло + FENOM имела левую ветвь, т.е. в данном опыте был достигнут граничный режим трения.

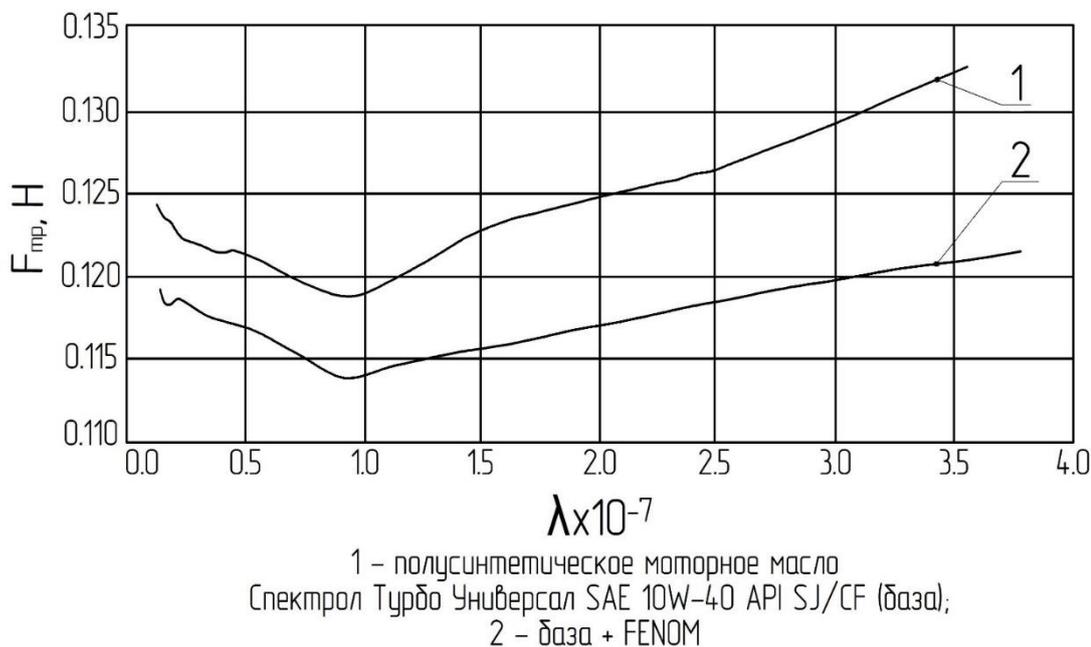


Рисунок 1.8– Кривые Штрибека для смазочных композиций

При испытаниях смазочной композиции синтетическое моторное масло + FENOM (рисунок 1.9 и рисунок 1.10) значимое улучшение антифрикционных свойств масла-носителя в случае испытаний масла Спектрол-Поларм не было обнаружено: сравниваемые кривые Штрибека практически совпали (рисунок 1.9). В ходе испытаний масла BP VISCO-5000 (рисунок 1.10) улучшение антифрикционных свойств при использовании FENOM имело место лишь в начальной зоне гидродинамического режима, при числах Герси $\lambda \geq 1,5$: $\Delta f = 0,120 - 0,113 = 0,007$ (5,8%). Как видно из рисунок 1.10., по мере ужесточения нагрузочного режима значение Δf снижалось, в зоне смешанного режима (минимум коэффициента трения) свелось к нулю, а в зоне граничного трения стало отрицательным (величина коэффициента трения смеси синтетическое моторное масло + FENOM превысила значение коэффициента трения

"чистого" синтетического моторного масла: $\Delta f = 0,109 - 0,116 = -0,007$ (-5,8%).

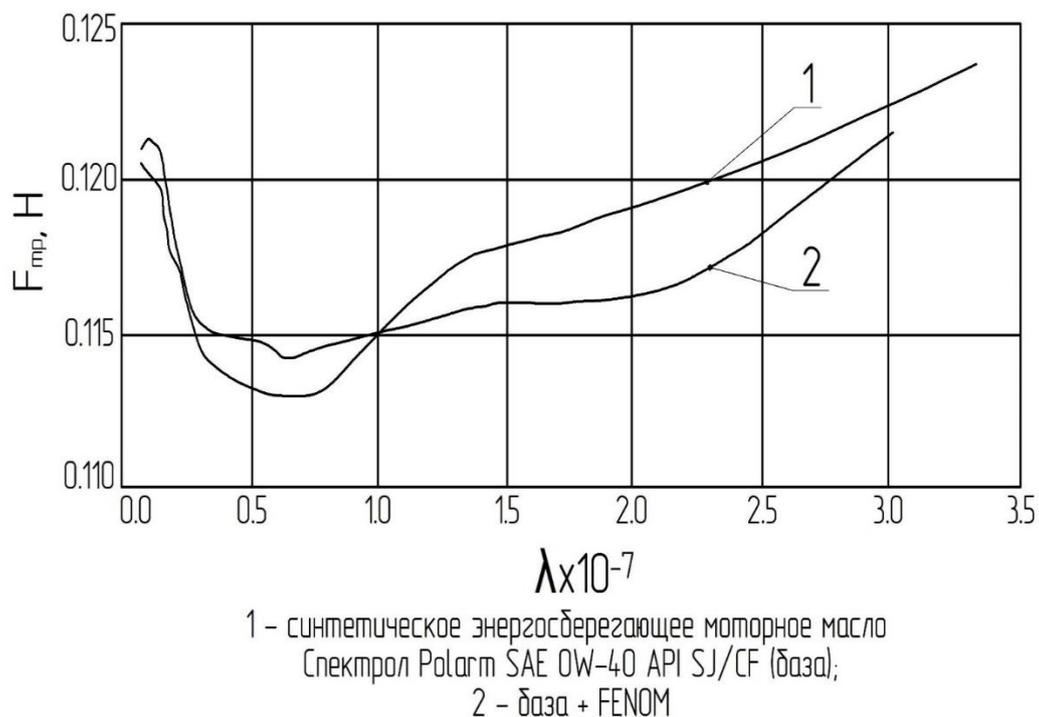


Рисунок 1.9– Кривые Штрибека для смазочных композиций

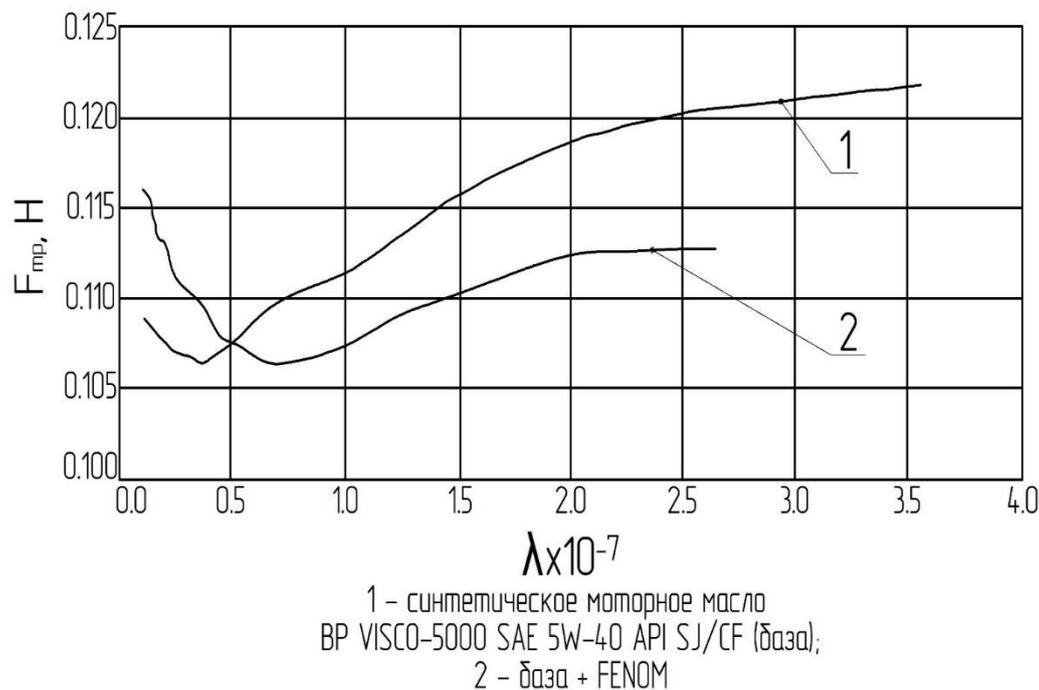


Рисунок 1.10– Кривые Штрибека для смазочных композиций

Анализ значений коэффициентов трения при испытаниях смазочных материалов показывает, что в рамках данных испытаний добавление FENOM в моторное масло вызвало значимое снижение трения во всем диапазоне нагрузок лишь в случае минерального моторного масла. При добавлении FENOM в полу- и полностью синтетические моторные масла значимого улучшения антифрикционных свойств масла-носителя (за исключением зоны гидродинамического режима полу синтетического масла) не было обнаружено. Мало того, при испытании FENOM в составе синтетического моторного масла BP VISCO- 5000 получено ухудшение антифрикционных свойств в режиме граничного трения.

Из результатов испытаний на износостойкость следовало, что наличие FENOM повысило противоизносные свойства минерального и полусинтетического моторных масел. В случае синтетических моторных масел получено как улучшение (масло BP VISCO-5000), так и ухудшение (масло Спектрал-Поларм) противоизносных свойств.

Характер трибологической эффективности FENOM указывает на целесообразность применения данного препарата в качестве присадки преимущественно к минеральным и/или полусинтетическим моторным маслам, т.к. триботехнические свойства смазочного материала минеральное моторное масло + FENOM оказываются сопоставимы с синтетическим моторным маслом. С учетом незначительной концентрации FENOM в моторном масле (1-3% об.) и разницы в стоимости минерального и синтетического моторных масел использование FENOM в минеральном моторном масле может иметь очевидную экономическую выгоду.

Выводы

1) Установлено, что исследование влияния АФП на механические потери является актуальной задачей, решение которой включает в себе дополнительные и ныне недостаточно используемые резервы повышения технического уровня ДВС.

2) В результате проведенных расчетных и опытных исследований по комплексной методике определено положительное влияние наличия АФП в моторном масле на снижение механических потерь ДВС.

3) Показана возможность устойчивого снижения износа и механических потерь в сопряжениях ЦПГ ДВС при применении маловязких минеральных моторных масел, легированных АФП.

Использованные источники:

1. Вырубов Д. Н. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей [Текст] : Учебник для вузов по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" / Д. Н. Вырубов, Н. А. Иващенко, В. И. Ивин и др.; Под ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова. / - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1983. - 372 с.

2. Архангельский В. М. Автомобильные двигатели [Текст] : Учебник для вузов / В.М. Архангельский, М.М. Вихерт, А.Н. Воинов и др.; Под ред. М.С. Ховаха. - М.: Машиностроение, 1977. - 591 с.

3. Методы оценки эффективности антифрикционных присадок к моторным маслам (обзор) / А.Б. Виппер, С.А. Абрамов, В.И. Балакин // Двигателестроение. - 1982. - №7. - С. 41-43.

4. Метод оценки эффекта последействия трибологически активных присадок при повышенных нагрузках / Ю.А. Лозовой, Т.А. Займовская, Г.Н. Кузьмина и др. // Трение и износ. - 1996. - Т. 17, № 3. - С. 374-380.