

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 621.89

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА МАСЛА – ИННОВАЦИЯ В ТРИБОТЕХНИКЕ

Н.К. ВЕРШИНИН, Д.Н. ЛЮБИМОВ

(Инжиниринговый Центр, Шахты, Россия);

А.В. ДУНАЕВ

(Федеральный научный агроинженерный Центр ВИМ, Москва, Россия);

И.Ф. ПУСТОВОЙ

(РеалИнПроект, Ленинградская обл., п. Кузьмолковский, Россия);

В.Г. РЫЖОВ

(ТРИГГЕР, Балашиха, Россия);

В.Э. ШАЛИМОВ

(НИИЦ АТ 3-й Центр НИИ МО РФ, Бронницы, Россия)

Представлен анализ результатов исследований, оригинальных лабораторных, эксплуатационных на десятках автомобилей испытаний. Подтверждается возможность малозатратного и заметного улучшения триботехнических свойств сопряжений, работающих в моторных и трансмиссионных маслах, путем электрического воздействия на них. В лабораторных испытаниях подачей напряжения постоянного тока 12...33 В, а возможно и до 100 В, на электроды из медных, алюминиевых, цинковых и оловянных сплавов, омываемые маслом, достигалось значительное уменьшение трения и изнашивания при малых нагрузках, меньшее – при средних, отсутствие эффекта – в номинальном режиме. В процессе эксплуатации машин подача напряжения постоянного тока даже на стальные электроды в маслах двигателей, агрегатов трансмиссии обеспечивает экономию не менее 3%, в легких условиях – 10...18%, а в основном – 12% топлива. Показана целесообразность апробации обработки гидромасел.

Ключевые слова: *электричество, масло, коэффициент трения, изнашивание, комплексная обработка, трибосостав, двигатель, трансмиссия, расход топлива.*

Введение. Для уменьшения трения и изнашивания совершенствуют детали, узлы, агрегаты машин и их смазочные материалы, созданы новые базы масел и присадки, а при эксплуатации в масла вводятся разнообразные добавки [9; 10]. Современные масла и смазки обладают комплексом рабочих свойств высокого качества благодаря сложному технологическому их производству, но дорогостоящие. Возможности дальнейшего совершенствования масел и смазок ограничены и не оправданны, а физика и химия имеют арсенал мало использованных методов для улучшения триботехнических свойств масел [1–3; 5; 8–10]. Такими методами модификаций работающих масел могут быть электрическая, магнитная, электромагнитная обработки, изменяющие структуру и свойства углеводородов [2–4; 8]. Эти воздействия через деструкцию конгломератов молекул присадок и масел, образование активных радикалов, поляризацию компонентов масел, насыщение их зарядами и перенос зарядов на поверхности трения приводят к некоторому изменению процессов трения.

Физическая и химическая адсорбция на поверхностях трения, естественно, имеют электрическую природу, но влияние на них силовых полей деталей и внешних полей исследовано мало [1–3; 5; 6]. Взаимодействия между молекулами смазки, по имеющимся данным, также подвержены электрическим и магнитным воздействиям. Например, у электрообработанных углеводородов диспергируются кластеры, уменьшаются поверхностное натяжение жидкостей, вязкость, плотность, теплотворная способность топлив и др. [10].

В целом электрические процессы между поверхностями трения определяют их трибологию [5; 6]. Аналогичные процессы между компонентами смазок влияют на их вязкостно-температурные свойства, фазовое состояние, прочность смазочных слоев [1–3; 7]. Однако, несмотря на электрическую природу всех взаимодействий в трибосистеме, в трибологии им уделено недостаточно внимания [6].

Основной нормальный износ сопряжений происходит при граничном и смешанном трении. Здесь влияние электрических и магнитных полей намного больше, чем при жидкостной, гидродинамической смазке. Исследований, связанных с изучением этого влияния, немного [5; 6], однако выявлены некоторые закономерности трибоэлектризации, ряды веществ по способности к ней (Фарадея, Гезехауса). Ошибочно считается, что тела электризуются противоположными зарядами. Исследованиями Ф.М. Канарёва и Ю.С. Рыбникова убедительно доказано, что разных по знаку зарядов не существует.

В триботехнике подача напряжения 60 В постоянного тока на пару трения четырехшариковой машины у Ю.С. Заславского [5] снижала коэффициент трения на 40%. При напряжении +4 В на диске и токе 5 мА образовывалась коричневая оксидная пленка со снижением шероховатости, износ практически

отсутствовал, сохранялись следы обработки, но на шариках присутствовало абразивное изнашивание. Когда через 30 мин отключали электричество, то получали очень хорошую приработку диска с коэффициентом трения 0,02. Но при подаче на диск минус 4 В триботехника ухудшалась [5]: коэффициент трения возрастал, на диске без оксидных пленок наблюдался интенсивный износ, а износ шариков снижался.

В других трибоиспытаниях [5] в магнитном поле происходило намагничивание частиц износа, образовывался «защитный слой», отмечалось окислительное, а не абразивное изнашивание, так как сами частицы износа окислялись. Например, в МАДИ* подавали постоянный ток на гильзы цилиндров дизеля ЯМЗ-236 автосамосвала МАЗ-500. Через год выявлено почти полное отсутствие износа и предотвращение нагара в цилиндропоршневой группе. Импульсы напряжения до 192 В и силы тока до 0,03 А при трении деталей и ударе плиты шариком выявлены А.Д. Дубининым [6]. Это свидетельствует о том, что электрические процессы в условиях трения более сложны, чем полагали. И если металлы имеют разные электрические потенциалы, в трибопаре возможна электрическая эрозия. При трении заряд удерживают на себе только диэлектрики и полупроводники – с проводников заряды быстро стекают, но их можно контролировать по напряжению и току. Отсюда, по Ю.С. Рыбникову, несмотря на отсутствие полного понимания трибоэлектрических явлений, связав их динамику с силой трения и интенсивностью изнашивания, можно точнее оптимизировать характеристики сопряжений.

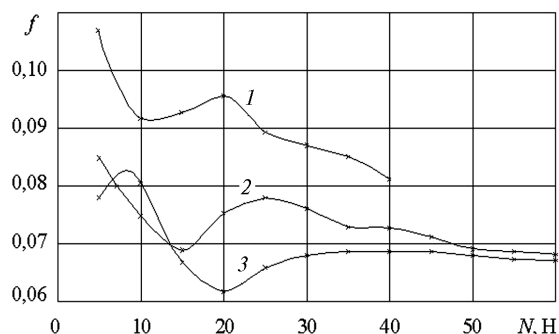
Постановка задачи. В работе поставлена задача выявить, используя трибометр TRB-S-DE, влияние на коэффициент трения, изнашивание трибопары электрического действия на масла, а в эксплуатационных испытаниях – на улучшение экономичности автомобилей, где используется воздействие электричества на моторные и трансмиссионные масла.

Проведение лабораторных исследований и обсуждение их результатов. Электрофизические и триботехнические исследования с электрообработкой масел впервые проведены в Украинской академии ж.-д. транспорта (УкрДАЗТ) – научной школой проф. Е.Н. Лыскова [2; 3]. Исследовано влияние на масла электростатического, магнитного и электромагнитного полей. Подтверждено, что они оказывают существенное влияние на молекулы присадок и полярных молекул масел [2; 3].

Исходная посылка в УкрДАЗТ – некоторые компоненты масел являются полярными, электрически заряженными, имеющими магнитный дипольный момент, что указывает на имеющийся механизм управления взаимодействием масел, смазок с шероховатостями поверхностей деталей с ненасыщенными валентностями, а следовательно и на механизм улучшения триботехники сопряжений. Но этот механизм требует изучения и оптимизации [1–3; 5; 6; 8].

Предположено [2], что обеспечивать эффективный слой смазки можно как усилением поля поверхностей трения подводом энергии извне, так и электростатическим, электромагнитным воздействием на масла. Подтверждением этому служат уникальные микроснимки проб масла в электрическом поле, графики зависимостей толщины слоя смазки, его несущей способности, интенсивностей трения и момента трения при воздействии на масла постоянного, высокой интенсивности электрического поля в различных условиях испытаний [2; 3]. Вместе с тем имеются и другие способы воздействия на масла.

Так, в Наноцентре ГОСНИТИ на трибометре TRB-S-DE с парой «палец – диск» проведены испытания 10 проб масел М-10Г_{2К}, прокаченных (Б.И. Шором) через электронный катализатор топлив (И.В. Евграфова, ГНУ ВИЭСХ), т.е. подвергнутых воздействию электромагнитного поля (7,5...9,0 кВ, 7...8 кГц). На рисунке 1 проиллюстрирована часть этих испытаний. Близкие результаты получены и при испытании масел, обработанных подобным образом В.В. Сербиным (ГНУ ВИЭСХ).



1 – исходное масло; 2, 3 – масла, подвергнутые электромагнитным воздействиям разной интенсивности

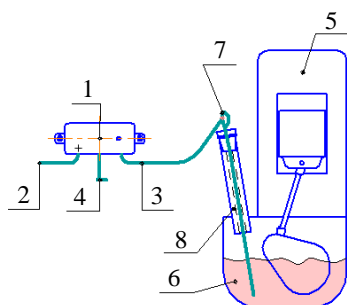
Рисунок 1. – Снижение коэффициента трения пары «палец – диск» в масле М-10Г_{2К} в зависимости от нагрузки при скорости скольжения 100 см/с; в исходном масле – 0,087, в масле после электромагнитного воздействия – 0,068

* МАДИ (1930–1992 гг.) – Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет.

Из рисунка 1 следует, что электромагнитные воздействия на масла, выполненные до трибоиспытаний в Наноцентре ГОСНИТИ, все же заметно снизили коэффициент трения.

Более просто реализовано электрическое воздействие на масла в инженеринговом Центре «ЛИК» [8]: через изолированные детали в масло подаются электрические заряды. Предполагается, что реализуется поляризация молекул масел, которая усиливает их адгезию к поверхностям трения, изменяет тип структурной ориентации, увеличивает толщину смазочной пленки и скорость плакирования поверхностей трения заряженными компонентами смазочной среды.

Разработанный в ИЦ «ЛИК» «поляризатор» [8] можно использовать для любых агрегатов, например, с изолированным масломерным щупом (рисунок 2), с «антенной» вместо сливной пробки, с другими



- 1 – поляризатор; 2 – вход электропитания;
3 – выход на масломерный щуп;
4 – выход на массу агрегата; 5 – агрегат;
6 – масло агрегата; 7 – масломерный щуп;
8 – изолирующая трубка (капролон, полихлорвинил)

Рисунок 2. – Схема подключения поляризатора на ДВС

детальными в картерах агрегатов, со вставками в маслофильтрах и т.п. Действие поляризатора постоянно, не зависит от масла, вида сопряжения, нагрузочно-скоростных режимов, он испытан на бензиновых ДВС, разных редукторах, судовых дизелях, в редукторах нефтекачалок.

Первые лабораторные испытания поляризатора проведены на машине трения «Тимкен» [8] с касторовым маслом по ГОСТ 18102 (полярная, поверхностно-активная среда с высоким йодным числом). При этом задиры в паре отсутствовали, т.е. граничная смазочная пленка на поверхности трения держалась прочно.

В Наноцентре ГОСНИТИ подача электрзарядов в масла исследована на стальной трибопаре «палец – диск» в моторном масле М-10Г_{2к} по эффективности снижения коэффициента трения и износа пары. Здесь по стандартной для трибометра TRB-S-DE методике испытаний в режиме ступенчатого нагружения с постоянной скоростью скольжения пальца по диску 100 см/с, 6 форм напряжений подавали на разные электроды, вводимые в бурун масла за пальцем трибопары.

В начале с двух источников подавали низкочастотное униполярное напряжение 3 В и высокочастотное униполярное напряжение 32,9 В. Анализ результатов испытаний показал, что при низких частотах (5...30 кГц) и низких напряжениях коэффициент трения несколько снижается при средних и повышенных нагрузках, а при напряжении 32,9 В это снижение наибольшее – до 0,010.

В снижении изнашивания трибопары (рисунок 3) выявлено, что низкие частоты (до 10 кГц) и повышенное напряжение на электроды (в 1,5 раза) играют положительную роль.

Динамика высоты положения индентора при испытании макетов ЭРТ конструкторского отдела ГОСНИТИ с медным электродом

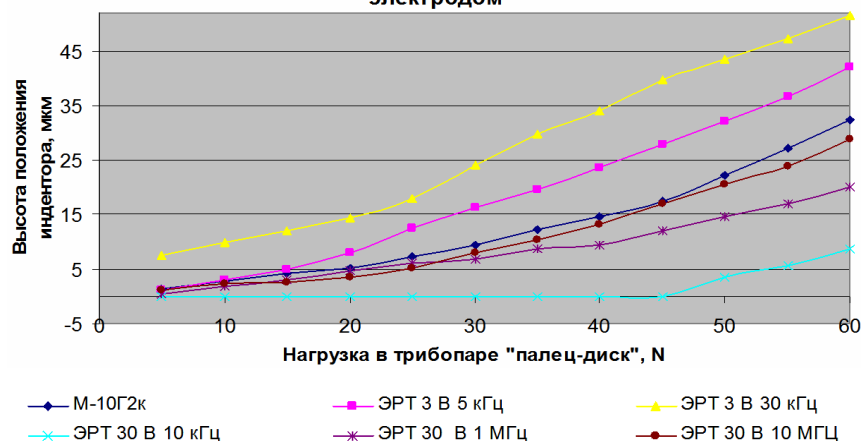


Рисунок 3. – Результаты испытаний макетных образцов источников напряжения при подаче в масла электричества через медный электрод

Трибоиспытания, проведенные с поляризатором ИЦ «ЛИК» при медном, алюминиевом, оловянном, цинковом, стальном и угольном электродах (рисунок 4), показали повышенную эффективность самого поляризатора при малых и средних нагрузках (снижение коэффициента трения на 0,0193...0,0589, до 0,036).

Контроль масла М-10Г_{2К} при действии поляризатора показал, что между (1 см) электродами прибора Ц4324, введенными в поле действия поляризатора, возникало напряжение 2,8...3,1 мВ.

В целом в испытаниях Наноцентра ГОСНИТИ коэффициент трения снижался с 0,08...0,09 до 0,036, а износ – в 3,5 раза.

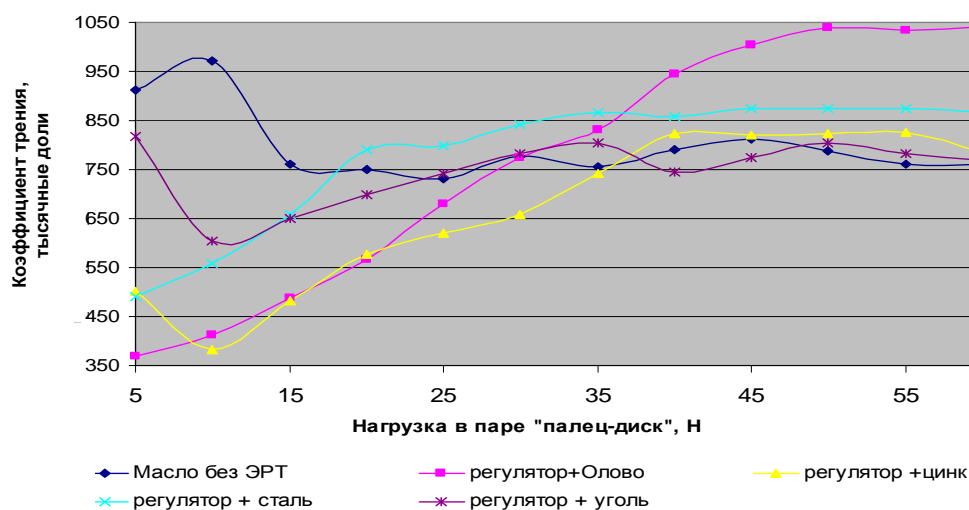


Рисунок 4. – Результаты испытаний поляризатора (с цинковым электродом при нагрузке 10 Н коэффициент трения снизился на 0,0589)

Стендовые испытания поляризатора и обсуждение их результатов. В Финляндии в сертифицированной лаборатории с автомобилем AUDI A4 на барабанном диагностическом стенде проведены длительные испытания поляризатора в стационарных нагрузочно-скоростных режимах: число оборотов коленвала дизеля 1500 мин^{-1} (85 км/ч) и 2500 мин^{-1} (142,09 км/ч), масло класса вязкости 15W-40 [8]. Выявлено, что на скорости 85 км/ч экономия топлива составила 22,4%, а в форсированном режиме 142 км/ч – лишь 3,7%.

Проведены также стендовые моторные испытания дизеля в форсированном режиме (частота вращения 2000 об/мин, крутящий момент 95 Н·м). При этом экономия топлива с поляризатором составила как минимум 3,2%.

Таким образом [8], эти испытания показали экономию дизельного топлива более 3%.

Аналогичная эффективность зафиксирована в стендовых испытаниях ДВС ВАЗ-2108, проведенных А.Ю. Шабановым [9] (Политехнический университет, СПбПУ). По результатам контроля 276 параметров работы ДВС показано, что механические потери в ДВС уменьшились на 5,5%, расход топлива – на 4,3%, температура отработавших газов на 6...10 °С, содержание СО и СН на 19%, но содержание NO_x увеличилось на 6,53%. Эффективный КПД двигателя повысился на 4,62%, мощность – на 1%. Иными словами, схожая экономия топлива выявлена как на бензиновом, так и на дизельном ДВС [8; 9].

Физико-химического действия электрообработанных масел на поверхности трения, по-видимому, нет, триботехника улучшается опосредованно. Наибольшая ее эффективность проявляется не сразу, а только с интенсивным поступлением заряженных порций масла в сопряжения. С отключением поляризатора показатели ДВС быстро возвращаются к исходному уровню. Показано [8], что без нарушений требований техники безопасности целесообразно подавать на электроды в масле постоянное напряжение до 100 В, а большие уровни эффект не повышают. Требуемые частоты и форма импульсов напряжения к электродам не ясны.

По данным ИЦ «ЛИК» [8], снижение расхода бензина, дизельного и газового топлива с поляризатором достигает 10...12%. К 2018 году в России более 100 отечественных и импортных автомобилей работают с поляризатором. Их владельцы отмечали повышение «приемистости» автомобиля [8], очистку масла от продуктов окисления, а цилиндропоршневой группы ДВС – от нагара.

Поляризатор, как и прием МАДИ подачи напряжения на гильзы цилиндров дизеля ЯМЗ-236 (журнал Автомобильный транспорт, 1985), осветляя масло, способствует заметному повышению ресурса ДВС.

В исследованиях ASTM принято, что если масло обеспечивает 1,5% (Energy Conserving I) или 2,3% (Energy Conserving II) топливную экономичность, оно считается энергосберегающим [8]. Вследствие этого поляризатор может быть отнесен к энергосберегающим средствам.

Эксплуатационные испытания поляризатора от ИЦ «ЛИК» в ГОСНИТИ. Испытания проведены А.И. Железницким на автомобиле ВАЗ-2131М (инжекторный двигатель ВАЗ-21214, пробег 55372 км),

дважды полностью обработанным геомодификатором. Непрерывный расход топлива контролировали прибором «Prestige y55» электронного блока управления двигателем. Паспортный расход топлива – 12,0 л/100 км бензина А-95, фактический – 9,5 л/100 км бензина А-92.

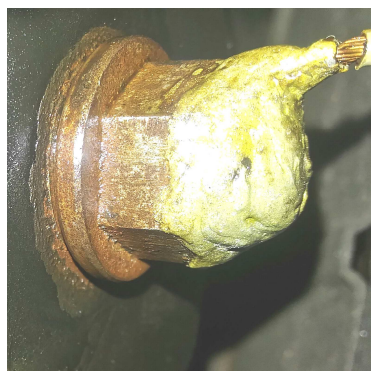
Усредненные по 5-ти измерениям расходы топлива при испытании таковы:

- до подачи электричества на шуп в масле ДВС 7,2...6,5 л/ч, в среднем 6,75 л/ч;
- при подаче электричества в среднем – 5,96 л/ч, уменьшение на 0,79 л/ч;
- после отключения подачи электричества в среднем – 6,14 л/ч.

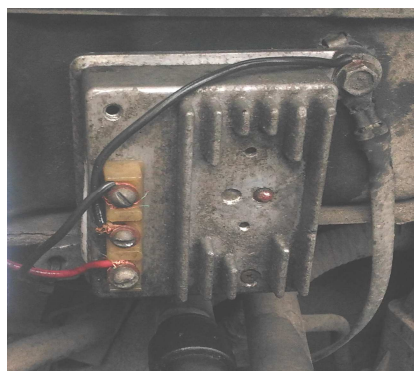
Минимальная разность расходов без подачи электричества и с подачей – 0,18 л/ч, или 3%, а в сравнении с ездой по городу около 9%.

Обширные испытания электрообработки моторных, трансмиссионных масел с вводом в них серпентинового модификатора поверхности трения «Fe-do» проведены И.Ф. Пустовым. На основании лабораторных, стендовых и натурных испытаний с 90-х годов [9] им обосновано главное включение поляризатора только после трибообработки агрегатов составом «Fe-Do». До него ввод трибосостава на очистку ДВС удаляет отложения с поверхностей трения, открывает их ювенильность, что в дальнейшем обеспечивает более эффективное действие поляризатора.

Напряжение на электрод в масле ДВС подается через 1...2 тыс. км пробега после основной трибообработки. Апробирована подача напряжения на изолированную «антенну» вместо сливной пробки масляного поддона ДВС (рисунок 5).



а



б

Рисунок 5. – «Антенна» из набора медных проволоков в корпусе сливной пробки масляного поддона ДВС (а); стандартный источник постоянного напряжения +48 В на передней панели моторного отсека автомобиля (б)

После очистительной и основной трибообработки с последующей подачей напряжения +48 В испытали 25 автомобилей на трассе «Санкт-Петербург – Петрозаводск». Здесь снижение расхода топлива по показаниям контроллеров автомобилей составило 5...6%, а с подачей напряжения на «антенны» – еще на 2...3%. Суммарная экономия повышалась до 7...9%. Но если поляризатор включать в процессе основной трибообработки, эффект от его применения незначительный.

После трибообработки агрегатов трансмиссий, также составом «Fe-do», апробирована и подача напряжения в их масла через изолированные стержни вместо сливных пробок. Здесь расход топлива снижен еще на 1,5...2 %, а в целом по автомобилю на 8,5...11%. Так, на автомобиле Ford F-150 (бензиновый двигатель V-8, пробег 250 тыс. км) расход топлива на той же трассе составил 15 л/100 км, а после комплексной трибообработки ДВС с подачей напряжения на «антенну» расход составил 13,7 л/100 км. Подача же напряжения на стержни в масле двух трибообработанных ведущих мостов и раздаточной коробки снизило расход топлива до 13,2 л/100 км. Далее расход уменьшался до 10...11 л/100 км.

Пример более детальной комплексной обработки ДВС:

- подключают поляризатор, в масло вводят очищающий состав «Fe-do», что при пробеге 200...300 км дает более эффективную очистку от отложений и разрушенных частей кристаллов в основных сопряжениях ДВС;

- после заданного пробега сливают очищающее масло, заливают свежее с тем же составом «Fe-do»;

- через 1...2 тыс. км пробега от основной трибообработки в очищенный ДВС с открытыми в нем ювенильными поверхностями трения подают напряжение (возможно и +100 В) на «антенну».

На основании эксплуатационных испытаний многих ДВС установлено, что такая последовательность комплекса обработок с воздействием поляризатора на уже образованные трибосоставом «Fe-do» антифрикционные покрытия обеспечивает более эффективный тюнинг агрегатов и машин в целом, но требуется его проверка. Испытания электровоздействия на масла с использованием промышленных преобразо-

вателей (рисунок 6) выполнены В.Г. Рыжовым на двух автомобилях. Первый – марки АУДИ 100, ДВС V-6, 2,8 л, инжекторная подача топлива, механическая коробка передач. Второй – марки АУДИ А4, ДВС – дизель 2,4 л с турбонаддувом, механическая коробка передач.



**Рисунок 6. – Преобразователь марки 14-59И ПМ (а)
для регулируемой подачи постоянного напряжения от +12 В до +50 В;
б – монтаж преобразователя в пластмассовом перфорированном барабане на корпусе воздухофильтра,
отвод проводов на головку блока цилиндров и к масломерному щупу**

На первом автомобиле ДВС отремонтирован и после обработки уникальным серпентиновым трибосоставом «РВД» обкатан в пробеге 8 тыс. км. Устоявшийся расход топлива в смешанном режиме движения составлял 10,6 л/100 км.

С промышленным преобразователем +12В/+48 В, отрегулированным на максимальное выходное напряжение 47,2 В, к середине февраля 2018 года автомобилем пройдено 23660 км. Контроль автомобиля велся в смешанных режимах движения, а расхода топлива – по показаниям бортового компьютера.

С первым маслом класса вязкости 5W-40 в первые 2 часа поездок изменений не зафиксировано, но затем отмечена «мягкость» работы ДВС. Первые длительные наблюдения в пробеге Москва – Екатеринбург протяженностью 2250 км. Здесь экономия топлива составила 8...12%. В обратной поездке с прицепом (груз 400...450 кг) экономия топлива повысилась до 16...18%, т.е. расход топлива, как и в движении без прицепа. Однако появился сизый дым отработавших газов. Диагностирование выявило неожиданное закоксовывание поршневых колец средней степени, что было устранено дополнительным вводом трибосостава «РВД». Температура охлаждающей жидкости ДВС составила 98...100 °С, преобразователь с пробега 7000 км отключили из-за увеличения расхода масла (около 1 л на 1000 км), что ранее не наблюдалось.

Для нормализации теплового режима ДВС установили радиатор с большей эффективностью, заменили датчик включения вентиляторов на температуру 90...92 °С. После этого дымление и закоксовывание колец прекратились, преобразователь включили снова, экономия топлива составила 8...10%.

Далее использовали масло класса вязкости 10W-40. В первые 2500 км пробега снижение расхода топлива не выявлено, но затем отмечалась экономия около 12%. Закоксовывание колец не выявлено. Замечено, что на прогревом ДВС экономия топлива больше, чем в коротких поездках на холодном ДВС. Изменение тяговитости двигателя не зафиксировано, так как работала бортовая система дозированием топлива.

Усредненный расход топлива по компьютеру составлял 9,6 л/100 км, это минимум по программе управления двигателем, но фактический в смешанном режиме составлял 8,5...8,6 л/100 км, а без подключения преобразователя – 9,6...9,8 л/100 км. Замечено, что преобразователь более эффективен с проработавшими маслами, чем со свежими, и более жидкими. При вязкости масла 5W-40 экономия топлива заметно больше, чем с маслом вязкости 10W-40. Если зимой автомобиль прогрет полностью, то в среднем экономия топлива составляет 7,5...8%. Но так как полный прогрев затруднителен, и если ДВС недогрет, экономия топлива невозможна.

При частоте вращения коленчатого вала до 3000...3200 мин⁻¹ экономия топлива фиксируется явно, а при частоте свыше 3200 мин⁻¹ (скорость движения более 120 км/ч) экономия не выявляется. Вероятно, с повышением скорости скольжения в трении удельная подача электрозарядов масел в трибосоприжения уменьшается, и эффективность электрообработки падает. Отсюда можно предположить необходимость максимально возможной по объему и по скорости подачи электрозарядов в сопряжения трения.

Для надежной изоляции масломерного щупа и предотвращения выхода из-под него паров масла был изготовлен специальный электрод, но контроль им уровня масла не совсем удобен.

На дизельном автомобиле с подключенным преобразователем (февраль 2018 г.) пройдено 21200 км, использовалось масло класса вязкости 5W-40. Расход топлива фиксировался в городских и трассовых усло-

виях. После обработки ДВС трибосоставом «РВД» устоявшийся средний расход составлял 4,2...4,3 л/100 км. После включения преобразователя расход снизился до 3,9...3,8 л/100 км как по показаниям бортового компьютера, так и фактически, т.е. уменьшился на 11,05%.

Заключение. Электрическое воздействие на масла – малозатратный ресурсосберегающий способ, но необходима оптимизация уровня и формы напряжения, конструкции источника тока, электродов из цинковых, магниевых сплавов для картеров агрегатов, масляных магистралей ДВС, маслофильтров.

Полагаем, что требуется обеспечивать максимум количества и скорости подачи заряженных молекул масел в трибосопряжения, для этого целесообразно устанавливать электроды в бурун масел, в поток масла к главной масляной магистрали, в ней самой.

Коагуляция смол в масле, повышенное первоначальное дымление ДВС с поляризатором требуют объяснения. Целесообразно испытать подачу электрорядов и в гидромасла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашуров, А.В. Применение внешних силовых полей для улучшения качества смазочных материалов / А.В. Ашуров, З.И. Сюняев, В.Э. Иванковский // Химия и технология топлив и масел. – М. : Химия, 1988. – С. 34–41.
2. Повышение ресурса технических систем путем использования электрических и магнитных полей / Е.Е. Александров [и др.]. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2006. – 544 с.
3. Воронин, С.В. Влияние электрического и магнитного поля на механизм действия присадок к маслам / С.В. Воронин, А.В. Дунаев // Трение и износ. – 2015. – Т. 36, № 1. – С. 643–649.
4. Фильтр «Экомаг-200Г» магнитной очистки и обработки моторного масла двигателя внутреннего сгорания автомобиля : пат. RU 2373405 / Ю.И. Голиков, Д.В. Белоконев. – Оpubл. 20.11.2009.
5. Заславский, Ю.С. Новое в трибологии смазочных материалов / Ю.С. Заславский, В.П. Артемьева. – М. : Изд-во «Нефть и газ» РГУНГ им. И.М. Губкина, 2001. – 480 с.
6. Дубинин, А.Д. Энергетика трения и износа деталей / А.Д. Дубинин. – Киев : Машгиз (юж. отд-ние), 1963. – 140 с.
7. Ахматов, А.С. Молекулярная физика граничного трения / А.С. Ахматов. – М. : Физматгиз, 1963. – 472 с.
8. Антифрикционная эффективность поляризации масел – инновационный фактор модернизации машин / Д.Н. Любимов. – М. : Труды ГОСНИТИ, 2014. – Т. 116. – С. 40–44.
9. Эксплуатационные эффекты применения минералов как активных агентов смазочных сред / Д.Н. Любимов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 3. – С. 38–44.
10. Нетрадиционная триботехника. Некоторые итоги развития в России / А.В. Дунаев [и др.]. – Saarbrücken : Lambert Academia Publishing, 2017. – 217 с.

Поступила 16.02.2018

ELECTRIC IMPACT ON OIL – INNOVATION IN TRIBOLOGICAL ENGINEERING

**N. VERSHININ, D. LYUBIMOV, A. DUNAEV,
I. PUSTOVOI, V. RYZHOV, V. SHALIMOV**

The analysis of the results of known studies, the original laboratory and operational on dozens of cars, confirmed the possibility of low-cost and marked improvement of the tribological properties of the mate working in the engine and trans fees and commissions in oils by electric impact on them. In laboratory tests, the hearth-whose DC voltage 12...33, and possibly to 100, on parts made of copper, aluminum, zinc and tin alloy washed by oil, achieved a significant decrease of friction and wear at low loads, less so at medium and no effect in the nominal mode. In conditions of operation, the modernization of machines by the supply voltage in continuing current by the oil isolated even steel parts in the engine and in the transmission units savings of at least 3. In different conditions – 10...18%, and basically 12% motor fuel. Appropriate the same treatment of oil hydraulic equipment.

Keywords: *electricity, oil, friction, wear, complex processing, tribologists, the internal combustion engine, the transmission assembly, the fuel consumption.*