

УДК 621.891

**М.Н. Свирид**, канд. техн. наук (Национальный авиационный университет,  
г. Киев, Украина)

**M.N. Svirid**, Candidate of engineering sciences (National aviation university, c. Kiev,  
Ukraine)

**Л.Б. Приймак**, аспирант (Национальный авиационный университет, г. Киев,  
Украина)

**L.B. Priymak**, Candidate of engineering sciences (National aviation university, c.  
Kiev, Ukraine)

**И. Л. Трофимов**, канд. техн. наук (Национальный авиационный университет,  
г. Киев, Украина)

**I.L. Trifimov**, Candidate of engineering sciences (National aviation university, c.  
Kiev, Ukraine)

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАСЛА**

**С МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ**

**POWER ASPECTS OF INTERACTION OIL WITH MAGNETIC FIELD**

Рассмотрен вопрос воздействия магнитного поля на изменение энергетического состояния смазывающих сред. В ходе исследований установлено, что с увеличением энергии фотона уровень изнашивания снижается и это позволяет влиять на интенсивность изнашивания поверхностей трения в средах обработанных магнитным полем. Установлено, что с увеличением частоты магнитного поля, резко увеличивается энергия активации масла, соответственно увеличивается достоверность взаимодействия смазывающей среды с поверхностью трения.

Ключевые слова: трение, магнитное поле, смазывающая среда, энергия, интенсивность изнашивания, фотон

The problem of magnetic field influence is considered as for the lubrication environments power state changing. It is determined during researches, that when the photon energy increases the wear level decreases and it allows to influence on friction surfaces wear intensity in the treated by the magnetic field environments. It is defined that when the magnetic field frequency increases the oil activating energy sharply increases, accordingly eventuality of lubrication environments with the friction surface interaction increases.

Key words: friction, magnetic field, lubrication environment, energy, wear intensity, photon.

## **Вступление**

Исследования, о которых идет речь в статье относятся к отрасли машиностроения. Повышение надежности, долговечности и экономичности узлов трения выступает комплексной проблемой и ее решение достигается на всех стадиях конструирования, производства и эксплуатации изделий. Важным условием реализации надежности и долговечности, положенных в конструкцию пар трения, является повышение эксплуатационных свойств смазочных материалов. В связи с резким подорожанием природных ресурсов, повышения

эксплуатационных свойств смазочных сред (СС) становится актуальной научно-технической проблемой. Создание современных, высокоэффективных и экологически-безопасных условий работы механизмов по обработке углеводородных сред требуют разработки и внедрения новых технологий для интенсификации химико-технологических процессов и совершенствования мер по ресурсо- и энергосбережению. Поэтому вопрос относительно повышения эксплуатационных свойств рабочих жидкостей, в частности магнитным полем (МП), является одним из составляющих при рассмотрении приоритетных направлений обеспечения надежности работы моторной техники и узлов трения.

### **Постановка проблемы. Цель и задачи исследования**

В комплексе мероприятий по экономии СС важное место занимают: продолжение срока их службы, возобновления качества СС в процессе эксплуатации, введения в повторное использование отработанных смазочных основ, которые прошли очистку в местах потребления с применением простых технологических процессов, а также регенерация масел.

Современные требования к маслам, режимам и свойствам их работы в различных условиях определяют необходимость повышения трибохимических свойств существующих материалов, поиска новых направлений и методов создания СС для узлов трения машин и механизмов. Поэтому вопрос продления срока службы пар трения, а также повышение эксплуатационных свойств СС является одним из приоритетных направлений обеспечения надежности работы

технологического оборудования и находят свое отражение в государственных программах по ресурсо- и энергосбережению.

Целью работы являлось исследование изменения энергетического состояния масла М10Г2к, находящегося под действием МП, путем пропускания через него луча белого света и определение энергетических аспектов взаимодействия масла с МП, что позволит регулировать интенсивность изнашивания поверхностей трения в средах обработанных МП.

### **Анализ литературных источников**

Одним из направлений продления срока эксплуатации и восстановления трибосопряжений является трибомодификация поверхностей трения за счет формирования металосодержащих пленок, путем использования смазочных материалов, которые находятся под действием магнитного поля.

Как известно, смазочные материалы, обработанные МП, владеют высокими антифрикционными и износостойкими свойствами [1], потому используются для смазки магнитных подшипников, зубчатых передач и т.д.

В наше время значительное внимание уделяется исследованиям модифицирования моторного масла обработкой его физическими полями, результаты которых отображены в работах многих ученых, а именно И.А. Портного, Е.М. Лисикова, Н. А. Пивоварова, Е.С. Венцеля, Л.И. Погодаева, С.В. Путинцева и др. [2 – 4].

Авторами работы [5] проводились исследования относительно воздействия электромагнитного поля на авиационное топливо с целью продления срока

службы подшипников качения на датчиках расходомера топлива. Авторы установили влияние электромагнитной обработки на противоизносные свойства углеводородных сопряжений. По их мнению, одной из особенностей химических сопряжений в органических соединениях является пространственная ориентация, при которой молекула приобретает определенную геометрическую структуру, химические связи в ней имеют ковалентный характер и сравнительно легко поляризуются. Сдвиг электронов в молекулах, вызванный взаимным влиянием на атомы, активно влияет на физико-химические свойства углеводородов.

В свою очередь, квантовая механика говорит, что чем больше частота светового потока, или изменение его от красного к фиолетовому цвету, тем больше его энергия [6]. Поэтому изменение цвета вещества и является энергетическим показателем в формировании внутреннего состояния углеводородных СС, которое возможно изменить внешним влиянием магнитного поля.

Для понимания экспериментов проведённых нами и описанных ниже, нужно выделить кое-что из теории магнетизма: магнит – это постоянный источник фотонов; фотон – это подвижное дискретное поперечное электромагнитное возмущение, которое состоит из кванта электрического и кванта магнитного потоков и представляет возбужденное состояние поля. Фотон, который двигается, образует парциальные электромагнитные волны, которые согласно принципу Гюйгенса, за счет интерференции, не излучаются, а двигаются вместе с фотоном как единственное целое, представляя пакет парциальных волн в виде цуга. Если сложить два таких кванта, то получим квант двойной энергии ( $E =$

$h\nu$ ), который обычно называют фотоном. Чем больше квантов в фотоне, тем он мощнее, поскольку фотон состоит из большего количества минимальных порций энергии. Фотоны хотя и не имеют массы, но имеют разную энергию. Если мы видим красный луч света – это значит, что фотоны, из которых он состоит, имеют энергию на уровне 1,68 – 1,98 эВ.

Квантовая гипотеза Планка заключалась в том, что для элементарных частиц, любая энергия поглощается или выпускается только дискретными порциями. Эти порции состоят из целого числа квантов с энергией, пропорциональной частоте  $\nu$  с коэффициентом пропорциональности, определенным по формуле:  $E = h \cdot \nu = h\omega$ , где:  $h$  — постоянная Планка. Таким образом, изменение цвета светового потока и есть изменение энергии фотона.

Цвет масла при прохождении через него света в МП изменяется в сторону увеличение частоты (по цвету от желтого к зеленому), частота увеличивается от 510 ТГц до 600 ТГц, а значит, увеличивается энергия фотона, который проходит через масло и тем самым повышает его активацию.

В присутствии МП квантовая часть, которая имеет спиновый магнитный момент, получает дополнительную энергию  $\Delta E = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$ , пропорциональную его магнитному моменту  $\vec{\mu}$  (Эффект Зеемана). Однако, авторами работы [6] экспериментально подтверждено, что кванты электромагнитного потока излучения имеют полевую структуру, то есть состоят из электрических и магнитных потоков и, соответственно, на них распространяются все законы электродинамики. Согласно законам электродинамики, в электромагнитной волне энергия электрического потока всегда равняется энергии магнитного

потока. В условиях физико-химических взаимодействий СС с поверхностью металла при трении, кроме добавления химических препаратов к СС, известны физические методы его обработки звуковыми и ультразвуковыми волнами, облучение светом разной длины волны и др.

Изучением влияния МП на жидкостные среды занимались авторы работы [7], которые определяли влияние внешнего МП на процессы переноса в ферросуспензиях. Исследователи утверждают, что такое мощное влияние объясняется структурообразованием в жидкостно-динамической системе в результате диполь-дипольного взаимодействия частиц ферромагнетика и ориентацией элементов структуры вдоль силовых линий МП. При этом на процессы переноса влияет геометрия и величина МП, концентрация и размеры частиц, их магнитные свойства и другие факторы. Интенсивнее всего изменяются реологические свойства ферросуспензии, а именно пластичность и эффективная вязкость (магнитореологический эффект). Также, в работе [7] обобщенно результаты исследований магнитореологического эффекта – резкое изменение механических свойств (вязкости, пластичности, упругости) под действием МП. Показано, что значительно изменяется электро- и магнитная проницаемость жидкостных сред.

### **Экспериментальные данные и их обработка**

Для определения изменения энергетических параметров масла в МП нами сконструировано устройство для оценки энергоинформационного состояния жидких углеродных материалов (рис. 1.), которое состоит: из компьютера для

фиксации изменения цветности в жидкостных углеродных материалах 1; источники света 2; объектива для обработки света 3; постоянных магнитов 4; диэлектрической стеклянной ёмкости 5, в которой находится исследуемым материал; микроскопа «МПД-1У11» 6; фотокамеры “Quick Cam Express” 7.

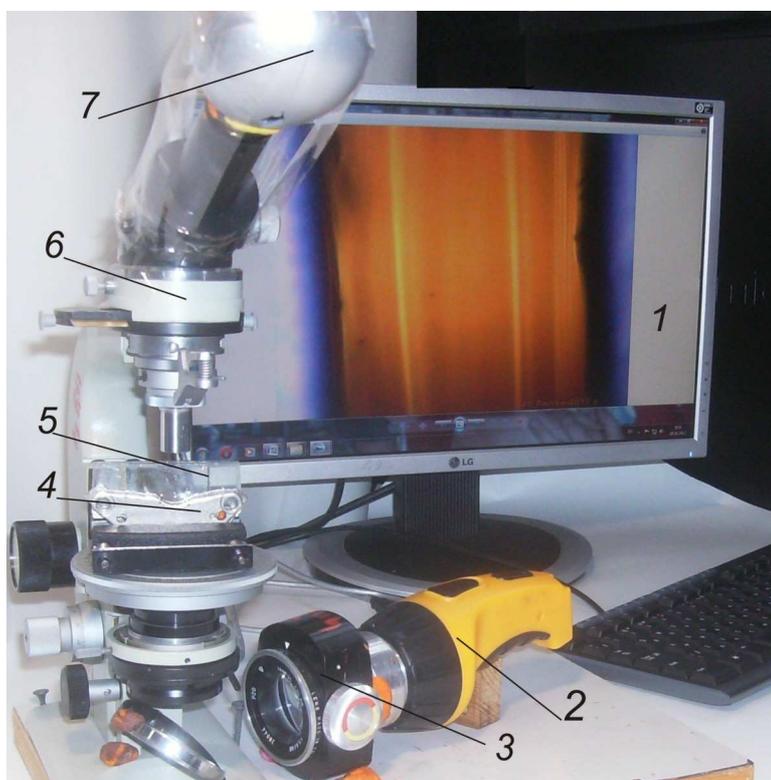


Рис. 1 Устройство для оценки энергоинформационного состояния жидких углеродных материалов в магнитном поле: 1 – компьютер для фиксации изображения энергоинформационных изменений в жидких углеродных материалах; 2 – источник света; 3 – объектив для обработки света; 4 – постоянные магниты; 5 – диэлектрическая стеклянная ёмкость; 6 – микроскоп «МПД-1У11»; 7 – фотокамера “Quick Cam Express”

Диэлектрическую стеклянную емкость 5 располагают между двумя постоянными магнитами 4. Далее её наполняют жидким углеродным материалом и располагают на оптической осе микроскопа 6. Потом с помощью источника света 2 и объектива для обработки света 3 пропускают луч белого

света через исследуемый жидкий материал, который находится в магнитном поле. Его величина индукции составляет 0,3 Тл. Дальше с помощью фотокамеры 7 обрабатывают и фиксируют изображение энергоинформационных изменений в жидких углеродных материалах, которое можно увидеть на мониторе компьютера 1. Соответственно, все необходимые результаты эксперимента записывались и хранились на электронные носители.

Таким образом, было исследовано изменение энергетического состояния масла в зависимости от изменения его цвета под действием магнитного поля, а именно оранжевый цвет характеризуется энергией света 1,98 эВ, зеленый – 2,48 эВ. Суть представленной методики заключается в изменении частоты белого света, то есть света, который проходит через слой масла, что находится в МП. Каждый цвет имеет свою энергетическую составную (смот. табл. 1).

*Таблица 1*

**Энергетические параметры света**

Цвет	Диапазон длин волн, нм	Диапазон частот, ТГц	Диапазон энергии фотонов, эВ
Зеленый	500 – 565	600 – 530	2,19 – 2,48
Желтый	565 – 590	530 – 510	2,10 – 2,19
Оранжевой	590 – 625	510 – 480	1,98 – 2,10

Представленная методика исследования изменения энергетического состояния жидкостей делает возможным проведение мониторинга изменений энергоинформационного состояния жидких углеродных материалов в МП.

Условия изменения энергетического состояния среды объясняются физическими свойствами влияния МП на магнетики, которые находятся в составе масла и изменения их ориентации в пространстве (рис.2).

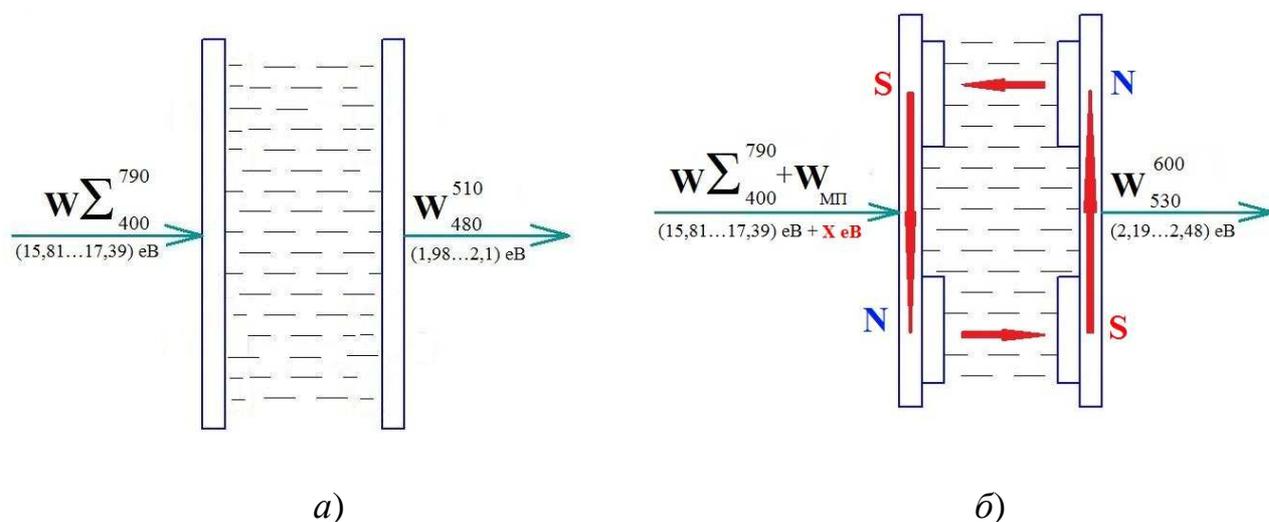


Рис. 2. Физическое содержание эксперимента: *а)* исследование энергетического состояния масла М10Г2к пропусканием через него луча белого света; *б)* исследование влияния МП на энергетическое состояние масла М10Г2к пропусканием через него луча белого света

Исходя из эксперимента, через слой исследуемого масла проходит луч белого света, который характеризуется диапазоном частот (400...790 ТГц) и энергией фотона (15,81...17,39 эВ). В случае прохождения луча света через масло без действия МП (рис. 2*а*) после просвечивания получаем энергию оранжевого цвета, который имеет величину (1,98...2,1 эВ) и диапазон частот (480...510 ТГц). Такой цвет отвечает условиям масла, которое находится между полюсами магнита (рис.3.)

На рис. 3 представлены результаты исследований изменения энергетического состояния моторного минерального масла М10Г2к в МП. Зеленый цвет характеризует масло на полюсах магнита, который отвечает энергии

(2,19...2,48 эВ) с наивысшим энергетическим содержанием. То есть в данном положении масло вмещает вспомогательную энергию МП.



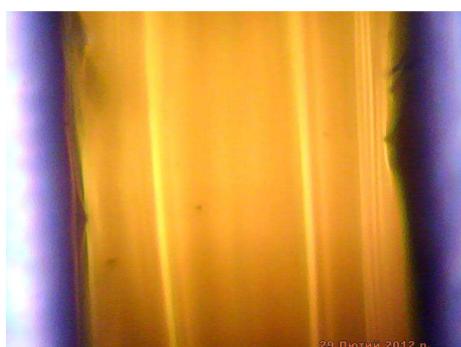
N/S

№2



N/S

№1



№0 S-N



S/N

№1



S-N

№2

Рис. 3. Результаты исследований изменения энергетического состояния минерального масла М10Г2к, находящегося под действием МП постоянного магнита напряженностью

$B=0,3Тл$ , путем пропускания через него луча белого света

Энергетическая составляющая влияет на размещение диполей масла, и мы считаем, что они располагаются вдоль линий МП, то есть перпендикулярно к

поверхности магнита. Переходная зона, которая, находится между полюсами магнита, имеет оранжевый цвет меньшей энергии (1,98...2,1 эВ). Таким образом, масло, которое находится между полюсами, имеет одинаковую энергию, в нашем случае мы ее обозначили начальной (№0). Зоны перехода от начальной энергии к максимальной (рис. 3.) N/S №2 или S/N №2 (к зеленому цвету) характеризуется смешанными оттенками сине-фиолетового с зеленым, что указывает на смену расположения конгломератов среды (рис. 3.) N/S №1 или S/N №1. При этом каждое рассеивание имеет свою энергетическую составляющую, их хаотическое расположение характеризует подготовку к изменению состояния масла, что можно выразить:

$$W_{400}^{790} = W_{480}^{510} + W_{\text{Птр.}}$$

При исследовании влияния МП на энергетическое состояние масла М10Г2к пропусканием через него луча белого света (рис. 2б) кроме энергии белого света, как и в предыдущем случае, на масло действует еще и энергия МП ( $W_{\text{МП}}$ ), а после просвечивания получаем энергию зеленого цвета, которая имеет величину (2,19...2,48) эВ и диапазон частот (530...600) ТГц, плюс энергия потерь. Это будет иметь следующий вид:

$$W_{400}^{790} + W_{\text{МП}} = W_{530}^{600} + W_{\text{Птр.}}$$

Таким образом, энергия МП, которое действует на масло, определяется с предыдущих двух формул, как:

$$W_{\text{МП}} + W_{480}^{510} + W_{\text{Птр.}} = W_{\text{Птр.}} + W_{530}^{600}$$

$$\text{Откуда: } W_{\text{МП}} = W_{530}^{600} - W_{480}^{510} = (2,19...2,48) - (1,98...2,1) = (0,21...0,38) \text{ эВ.}$$

Следовательно, при действии МП магнитной индукцией 0,3 Тл на масло М10Г2к, величина энергии с которой оно действует на масло составляет (0,21...0,38) эВ.

Для определения процентного вноса энергии МП в масло, энергию оранжевого цвета, без действия МП (1,98...2,1) эВ принимаем за 100%. При действии МП, зеленый цвет (2,19...2,48) эВ за x%. Получаем следующую пропорцию

$$(1,98...2,1) - 100\%$$

$$(2,19...2,48) - x\%$$

После расчетов получаем, что процентный взнос энергии МП в масло составляет 11% - 11,8%.

Изменение энергетического состояния системы отражается на трибологических параметрах пары трения. Трибологические исследования проводились по схеме палец-плоскость по методике описанной в работе [8]. Нормальная нагрузка составляла 1 кг на контакт Герца, скорость – 0,1 м/с. Пара трения: сталь ШХ15 – латунный сплав ЛС59-1. Изнашивания стали (не зависимо от направления МП) характеризуется начальным износом, однако при изменении энергетической составляющей проходят процессы репарации поверхности трения стали ШХ15. Результаты эксперимента показаны на рис. 4.

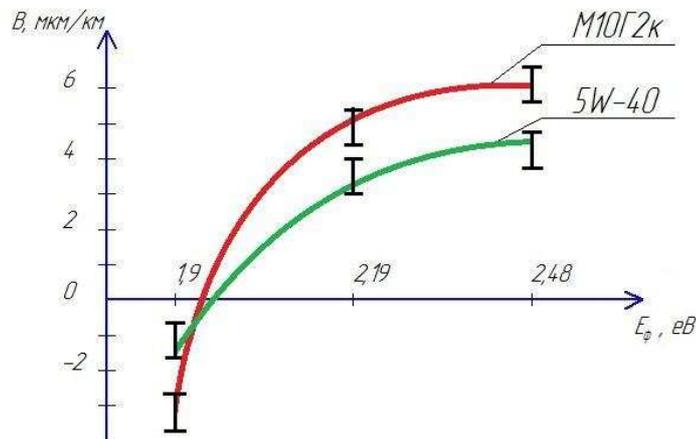


Рис. 4. Зависимость уровня изнашивания от величины энергии фотона света в масле

Таким образом, зависимость уровня изнашивания от величины энергии масла показывает, что с увеличением энергетического состояния масла изнашивание материала при трении переходит в условия репарации. Установлено, что влияние МП на противоположные свойства масла носит исключительно позитивный характер, а именно: повышается уровень энергии масла, снижается уровень изнашивания при трении и не ухудшаются другие эксплуатационные параметры.

Следовательно, полученные результаты подтверждают актуальность использования действия МП на рабочую среду в процессе трения.

### **Выводы:**

1. Определены энергетические аспекты взаимодействия масла с МП, а именно величина энергии, с которой МП действует на масло, составляет (0,21...0,38) эВ или 11% - 11,8%.

2. В ходе исследований установлено, что с увеличением энергии фотона уровень изнашивания снижается, а это позволяет регулировать интенсивность изнашивания поверхностей трения в средах обработанных МП.

3. Установлено, что чем больше частота, тем больше энергия активации масла, соответственно увеличивается достоверность взаимодействия масла с поверхностью трения, которая в свою очередь также активирована в точках фактического контакта.

#### Список литературы

1. Гладкий Я.Н. Взаимосвязь трибологических характеристик материалов с физико-химическими процессами в зоне трения / Я.Н. Гладкий, С.С. Бысь // Проблемы трибологии (Problems of Tribology). – 2001. – №4. – С. 203 – 210.

2. Диха О. Розрахунково-експериментальне дослідження трибологічних властивостей мастильних матеріалів // О. Диха, А. Кузьменко, В. Мокрицький – Машинознавство – 2001. – №7. – С. 29 – 32.

3. Лисіков Є.М. Підвищення ресурсу трибосполучень технічних систем шляхом впливу електростатичного поля на мастильні матеріали / Є.М. Лисіков // Техніка та технологія виконання будівельних, колійних та перевантажувальних робіт на транспорті: Зб. наук. праць. Вип.58. – Харків: УкрДАЗТ, 2004. – С. 5 – 10.

4. Третьяков И.Г. Влияние электромагнитной обработки на противоизносные свойства индивидуальных углеводородных соединений / И.Г. Третьяков, Ю.И. Короленко // Вопросы авиационной химмотологии. Межвуз. сб., Вып.2. Киев, 1978. – С.141 – 144.

5. Подгорков В.В. Несущая способность магнитных жидкостей / В.В. Подгорков // Трение и износ. – 1990. – Т11. – №2. – С. 359 – 361.

6. Садбери А. Квантовая механика и физика элементарных частиц / А. Садбери. – М.: Мир, 1989. – 488 с.,

7. Боум А. Квантовая механика: основы и приложения / А. Боум. – М.: Мир, 1990. – 720 с.

8. Свирид М.М., Кудрін А.П., Кравець І.А., Приймак Л.Б., Бородій В.М. Пристрій для дослідження поверхонь тертя в постійному рівномірному та нерівномірному магнітному полі / Патент на корисну модель № 70877, G01N 3/56. Заявка u201115161, 21.12.2011. Опубл.25.06.2012, Бюл. № 12 – 5 с.