

УДК 656.11

О ПРИРОДЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩЕЙ СИЛЫ В ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СОПРЯЖЕНИЯХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

**Абдряшитов А.Д., магистрант, тел. 89278243677,
damirvasa14@gmail.com**

**Салахутдинов И.Р., кандидат технических наук, доцент,
тел. 8(8422) 55-95-13, ilmas.73@mail.ru**

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

**Глущенко А.А., кандидат технических наук, доцент
тел. 89374564933, oildel@yandex.ru**

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

Ключевые слова: концентрация электронов, электрохимический процесс, разность потенциалов, твердость материалов, движение частиц

В статье рассмотрены условия и причины возникновения электродвижущей силы в сопряжениях двигателя внутреннего сгорания, представляющих собой специфическую электрохимическую систему «металл — металл». Проанализировано влияние образующейся при этом разности потенциалов на поверхностях трущихся металлов на их физико-механические свойства и интенсивность изнашивания, а также определены возможные направления снижения указанной разности потенциалов.

Введение. Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) представляет собой сложную совокупность узлов и механизмов, элементы которых в процессе эксплуатации совершают относительные перемещения с различными скоростями и траекториями. При трении двух твёрдых тел, обусловленном интенсивным межмолекулярным взаимодействием частиц на контактирующих поверхностях, наблюдается трансформация энергии поступательного движения в энергию волновых и колебательных процессов внутри материала. Указанное явление инициирует возникновение термоэлектронной эмиссии, термических

градиентов и других сопутствующих физических эффектов. Результатом их воздействия становится прогрессирующее разрушение трущихся поверхностей, что ведёт к снижению ресурса работы сопряжений. Следовательно, качественная сторона процесса трения описывается совокупностью термоэлектронных, термических и иных физических явлений, тогда как количественная оценка выражается через коэффициент и величину силы трения, а также интенсивность изнашивания контактирующих поверхностей [1-3]. В связи с этим для обеспечения надёжности и повышения ресурса трибосопряжений ДВС необходимо выявить причины возникновения перечисленных явлений и разработать меры по снижению их негативного воздействия.

Материалы и методика исследований. Мерой прочности связи электрона в атоме служит работа, которую необходимо затратить для его удаления на бесконечно большое расстояние от ядра. Данная работа определяется разностью потенциалов, которая, в свою очередь, является причиной электризации трущихся металлических поверхностей при их контакте [4,5]. Согласно общепринятой теории «свободных электронов» в металлах, при соприкосновении двух металлов с различными значениями работы выхода электроны металла, обладающего более высокой электронной активностью, переходят на свободные энергетические уровни металла с меньшей активностью. Вследствие этого первый металл приобретает положительный заряд, а второй — отрицательный. Указанный переход электронов продолжается до момента возникновения электрического поля, компенсирующего дальнейшее перераспределение зарядов. В результате между контактирующими металлами *A* и *B* устанавливается разность потенциалов (рис. 1).

$$\varphi = W_I - W_{II}, \quad (1)$$

Принимая во внимание тот факт, что температура в зоне контакта трущихся пар всегда превышает абсолютный нуль, некоторая доля электронов приобретает энергию, превосходящую пороговое значение.

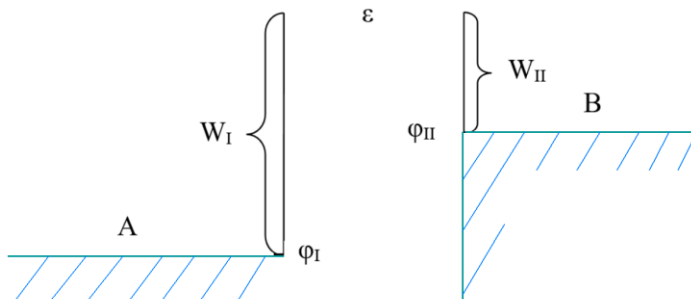


Рисунок 1 - Принципиальная схема возникновения контактной разности потенциалов при сопряжении двух металлов, характеризующихся неодинаковой работой выхода электронов

В указанном случае справедливо следующее выражение:

$$\varphi = \frac{KT}{e} \ln \frac{n_2}{n_1}, \quad (2)$$

где K - постоянная Больцмана; T - температура в сопряжении, К; e - заряд электрона, Кл; n_1 и n_2 - соответственно, концентрация электронов в металлах трущихся деталей.

Тогда при наличии разности температур между трущимися поверхностями получаем следующее соотношение:

$$\varphi = \varepsilon = \frac{K}{e} (T_I - T_{II}) \ln \frac{n_2}{n_1}. \quad (3)$$

где T_I и T_{II} - соответственно, температуры первой и второй трущихся поверхностей, К.

В этом случае величина ε представляет собой термоэлектродвижущую силу (термо-ЭДС). Анализ приведённого выражения показывает, что причиной возникновения электрического тока в трибосопряжениях в процессе трения служит именно термоэлектродвижущая сила.

Результаты исследований. Представленные аналитические зависимости позволяют интерпретировать трущиеся поверхности в качестве своеобразных обкладок электрического конденсатора, на поверхности которых происходит образование и генерация

электрических зарядов. Установлено, что величина возникающего при этом электрического тока определяется совокупностью физико-химических свойств материалов контактирующих поверхностей, а также условиями их фрикционного взаимодействия (нагрузкой, скоростью скольжения, температурой, свойствами смазочной среды).

Заключение. Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что одним из перспективных направлений снижения интенсивности изнашивания металлов в сопряжениях двигателя внутреннего сгорания является предотвращение или минимизация разности потенциалов, возникающей в зоне фрикционного контакта. Достижение указанного результата может быть обеспечено следующими способами: нанесением на рабочие поверхности трения диэлектрических покрытий, препятствующих протеканию электрического тока через границу раздела фаз; поляризацией сопряжённых металлов от внешнего источника для компенсации естественной контактной разности потенциалов; поддержанием оптимального геометрического соотношения между площадью трущейся поверхности и площадью свободной (неконтактирующей) поверхности сопряжения; а также введением в смазочную среду ингибиторов электрохимической коррозии, снижающих активность коррозионных процессов в трибосистеме.

Библиографический список:

1. Картошкин, А. П. Коррозионное воздействие охлаждающих жидкостей на металлы при эксплуатации / А. П. Картошкин, А. Н. Спиридонова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 57. – С. 162-167. – DOI 10.24411/2078-1318-2019-14162. – EDN VPJNU.
2. Алеутдинова, М. И. Характеристики сухого скользящего электроконтакта металлов в условиях катастрофического изнашивания / М. И. Алеутдинова, В. В. Фадин // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2019. – Т. 62, № 2. – С. 103-108. – DOI 10.17073/0368-0797-2019-2-103-108. – EDN RBPBTL.
3. Бирюков, В. П. Трение, износ и усталость в системах / В. П. Бирюков. – Москва : Московский государственный университет путей сообщения, 2012. – 216 с. – ISBN 978-5-7876-0155-8. – EDN UAOCNZ.

4. Салахутдинов, И. Р. К вопросу возникновения разности потенциалов в сопряжении «гильза цилиндров-поршневое кольцо» двигателя внутреннего сгорания / И. Р. Салахутдинов, А. А. Глущенко, А. Л. Хохлов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3(63). – С. 230-235. – DOI 10.18286/1816-4501-2023-3-230-235. – EDN PIYLYS.

5. Салахутдинов, И. Р. Теоретическое обоснование снижения износа уменьшением величины ЭДС в паре трения «поршневое кольцо - гильза ци-линдров» / И. Р. Салахутдинов, А. А. Глущенко, А. Л. Хохлов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 2(66). – С. 191-196. – DOI 10.18286/1816-4501-2024-2-191-196. – EDN VPSZWY.

ON THE NATURE OF ELECTROMOTIVE FORCE GENERATED IN TRIBOLOGICAL CONNECTIONS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Abdryashitov A.D., Salakhutdinov I.R.
FSBEI HE Ulyanovsk SAU
Glushchenko A.V.
FSBEI HE Ulyanovsk SU

Keywords: *electron concentration, electrochemical process, potential difference, hardness of materials, particle motion.*

This article examines the conditions and causes of electromotive force generation in internal combustion engine interfaces, which constitute a specific metal-to-metal electrochemical system. The influence of the resulting potential difference on the surfaces of rubbing metals on their physical and mechanical properties and wear rate is analyzed, and possible ways to reduce this potential difference are identified.