

УДК 629.1

## О ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПО ВЕЛИЧИНЕ ЭДС В ПАРАХ ТРЕНИЯ

*И.Р. Салахутдинов, кандидат технических наук, доцент,  
8(84235) 2-07-27, ilmas.73@mail.ru*

*А.А. Глущенко, кандидат технических наук, доцент,  
8(8422) 55-95-13, oildel@yandex.ru*

*М.М. Замальдинов, кандидат технических наук, доцент,  
8(84235) 2-07-27, zamaldinov.marat@mail.ru  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

*Д.С. Швецов, магистрант 1 года обучения инженерный  
факультет, тел. 89124256899, d.shvecov@mail.ru*

*А.И. Мул, студент 5 курса НТТС инженерный факультет,  
тел. 89272709919, Alex.mul@bk.ru*

*Технологический институт филиал - ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

**Ключевые слова:** пара трения, электродвижущая сила, площадь контакта, контактное сопротивление.

*Работа посвящена установлению возможности оценки технического состояния двигателя по величине ЭДС, возникающей в его парах трения. Теоретически установлено влияние площади контакта пар трения на электрическое сопротивление в контакте, и, соответственно, на величину возникающей ЭДС. Установлено, измерив величину ЭДС можно получить значения технического состояния как отдельных пар трения, так и всего двигателя.*

**Введение.** Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) представляет собой сложную систему, при работе которой осуществляется относительное перемещение различных рабочих поверхностей относительно друг друга. Средой, с которой контактируют трущиеся поверхности, является разделяющий их слой смазочного масла. По причине наличия в смазочном масле различных присадок, обладающих высокой химической активностью, а также растворенной влаги, масло обладает собственной электрохимической активностью, а соответственно является электролитом. Это вызывает коррозионно-механическое изнашивание деталей в узлах трения.

Естественно, изменение геометрических параметров поверхностей трения, повлекут за собой изменение электрических характеристик, возникающих в контакте. Поэтому одним из методов оценки

технического состояния пар трения будет являться измерение их электрических характеристик, в частности ЭДС [1-6].

**Материалы и методы исследований.** Поверхность контакта, как и всего твердого тела всегда обладает шероховатостью. В этом случае геометрическую составляющую поверхности можно рассматривать как поверхность, на которой присутствуют выступы. Их наличие приводит к тому, что поверхности контактируют только по этим выступам. Под действием сил, возникающих в процессе работы ДВС, происходит сближение поверхностей. Это сближение происходит до момента, пока сумма реакций упругого деформирования выступов не будет равна силе воздействия [7-10]

$$N = \sum_{i=1}^{n_i} N_i, \quad (1)$$

где  $n_i$  - количество контактирующих выступов, ед.;  $N_i$  - реакция выступа поверхности на деформацию, МПа.

Тогда величина эффективной контактной поверхности пары трения:

$$S = \left( \frac{2,2P_r^{2/3}}{E \cdot h_m^{1/3}} \right) \cdot N^{6/7} \cdot n_o^{1/7}, \quad (2)$$

где  $P_r$  - количество выступов, ед.;  $E$  - модуль Юнга, Па;  $h_m$  - максимальная высота выступов, мм;  $n_o$  - общее количество выступов на реальной поверхности, ед.

При прохождении электрического тока, вследствие возвратно-поступательного (движение поршня) или вращательного движения (кривошипно-шатунный механизм), через контактируемые поверхности, линия тока значительно искривляется, образуя так называемые области «стягивания» [7, 8]. Исходя из этого, сопротивление одной из поверхностей трущихся пар можно выразить, как

$$R = \rho \cdot l \cdot \frac{1}{A}, \quad (3)$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление материала, Ом·мм;  $l$  - изменение длины контакта пары трения, мм;  $A$  - работа сил по выделению электрона.

Таким образом, вблизи контактной поверхности как бы появляется дополнительное сопротивление, называемое сопротивлением «стягивания», которое и определяет переходное сопротивление контакта трущихся поверхностей

$$R = \frac{0,45 \cdot \rho \cdot E^{5/7} \cdot h^{4/7}}{r^{1/7} \cdot N^{5/7} n_o^{1/4}}, \quad (4)$$

где  $r$  – средний радиус выступа неровности контактной поверхности, мм.

Учитывая зависимость ЭДС от сопротивления в контакте, ее можно выразить

$$\varepsilon = \frac{I \cdot r^{1/7} \cdot N^{5/7} n_o^{1/4}}{0,45 \cdot \rho \cdot E^{5/7} \cdot h^{4/7}}. \quad (5)$$

Таким образом, любое сопряжение двигателя может быть оценено по величине ЭДС.

**Заключение.** На основании полученных аналитических зависимостей можно сделать вывод, что измерение величины ЭДС даст оценку состояния узла трения. То есть по величине ЭДС может быть определено техническое состояние пар трения двигателя.

*Библиографический список:*

1. Методы управления трением и изнашиванием материалов в условиях возникновения контактной разности потенциалов / И.Р. Салахутдинов, А.А. Глущенко, М.М. Замальдинов, А.П. Никифоров // Эксплуатация автотракторной и сельскохозяйственной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы. Материалы III международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – С.125-127.
2. Процесс образования контактной разности потенциалов в сопряжении «поршневое кольцо – гильза цилиндров» / И.Р. Салахутдинов, А.А. Глущенко, М.М. Замальдинов, А.В. Лисин // Эксплуатация автотракторной и сельскохозяйственной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы. Материалы III международной научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГАУ, 2017. – С.128-130.
3. Электрохимические явления в сопряжениях ДВС / И.Р. Салахутдинов, А.А. Глущенко, А.П. Никифоров, А.В. Лисин // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы IX Международной научно-практической конференции. – Ульяновск: УлГАУ, 2018. – С. 257-261.
4. Приборное обеспечение исследований величины ЭДС в двигателях внутреннего сгорания / И.Р. Салахутдинов, А.А. Глущенко, А.П. Никифоров, А.В. Лисин // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы IX Международной научно-практической конференции. – Ульяновск: УлГАУ, 2018. – С. 253-256.
5. Салахутдинов И.Р. К вопросу возникновения электродвижущей силы в сопряжениях двигателей внутреннего сгорания/ И.Р. Салахутдинов, А.А. Глущенко,

- А.В. Лисин, А.П. Никифоров // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы Национальной научно-практической конференции. В 2-х томах. 2019. С. 96-99.
6. Салахутдинов И.Р. Формирование концептуального подхода к снижению электрохимического износа в сопряжениях двигателя внутреннего сгорания / И.Р. Салахутдинов, А.А. Глущенко, Д.С. Швецов // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: Материалы Национальной научно-практической конференции. В 2-х томах. 2019. С. 111-117.
  7. Бирюков, Е.Н. Измерительный комплекс оценки технического состояния опор качения и скольжения электрорезистивным методом «Кронверк 7607» / Е.Н. Бирюков, Е.В. Ершов // Контроль. Диагностика. - 2006. - №12. - С. 57 - 58.
  8. Гордиенко, П. Л. О влиянии электрического тока на износ при трении металлических тел / П. Л. Гордиенко, С. Л. Гордиенко // - М.: Вестник машиностроения, 1952. №7, - С.38 .
  9. Уханов, Д.А. Наведённая ЭДС – критериальный показатель минимальной частоты вращения коленчатого вала поршневого ДВС / Д.А. Уханов, А.П. Уханов, В.А. Перов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. г. Ульяновск. №1 (41). Январь 2018. Стр. 21-25.
  10. Зуев, Л.Б. О влиянии контактной разности потенциалов и электрического потенциала на микротвердость металлов / Л.Б. Зуев, В.И. Данилов, С.В. Коновалов, Р.А. Филиппев, В.Е. Громов. - М.: Физика твердого тела, 2009, том 51, вып. 6. - С. 1077 - 1080.

## **ABOUT THE POSSIBILITY OF EVALUATING THE TECHNICAL CONDITION ENGINE EMF VALUE IN FRICTION PAIRS**

***Salakhutdinov I. R., Glushchenko A. A., Zamaldinov M.M., Shvetsov D.S., Mul. A.I.***

**Key words:** *friction pair, electromotive force, contact area, contact resistance.*

*The work is devoted to establishing the possibility of evaluating the technical condition of the engine by the EMF value arising in its friction pairs. Theoretically, the influence of the contact area of friction pairs on the electrical resistance in contact, and, accordingly, on the value of the resulting EMF is established. It is established that by measuring the EMF value, you can get the values of the technical condition of both individual friction pairs and the entire engine.*