

УДК 656.11

ФОРМИРОВАНИЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПОДХОДА К СНИЖЕНИЮ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ИЗНОСА В СОПРЯЖЕНИЯХ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

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

*А.А. Глущенко, кандидат технических наук, доцент,
тел. 8(8422) 55-95-13, oiddel@yandex.ru
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

*Д.С. Швецов, инженер - механик автоколлоны,
тел. 89124256899, d.shvecov@mail.ru
ООО «ГазАртСтрой» г. Москва*

Ключевые слова: контактная разность потенциалов, поршневое кольцо, гильза цилиндров.

В статье рассмотрен процесс возникновения контактной разности потенциалов в сопряжениях ДВС в присутствии смазочного масла, которое в силу своих свойств является электролитом. На основании рассмотренных процессов предложена концептуальная модель повышения износостойкости цилиндропоршневой группы ДВС, реализация которой позволяет обеспечить создание ДВС с повышенной износостойкостью цилиндропоршневой группы, обеспечить высокие технико-эксплуатационные показатели современных двигателей и транспортных средств.

Введение. 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. При трении в присутствии электролита одним из существенных отличий электрохимических процессов является то, что их протекание происходит в условиях деформирования отдельных микронеровностей трущихся поверхностей при относительном их перемещении [1,2]. То есть, в процессе работы сопряжения будут постоянно образовываться и разрушаться короткозамкнутые гальванические микропары. При рассмотрении процесса

работы сопряжения как трехфазной системы видно, что на границе металл - смазочное масло, по причине появления и разрушения контактов, будут возникать скачки потенциала, а в местах металлического контакта - контактная разность потенциалов [3,4]. Возникающая при этом электродвижущая сила [5] способствует протеканию на его отдельных контактируемых микронеровностях окислительно-восстановительных реакций.

Возникновение контактной разности потенциалов удовлетворительно объясняет классическая теория электропроводности, согласно которой существуют две причины ее возникновения [6-8]:

- 1) различная работа выхода электронов из металлов;
- 2) различная концентрация в проводниках свободных электронов.

Однако интересуют условия и момент возникновения разности потенциалов. Известно, что причиной возникновения разности потенциалов является переход электронов из одной трущейся поверхности в другую.

Материалы и методы исследований. Для рассмотрения процесса возникновения разности потенциалов [5] будем считать, что число электронов, приходящихся на единицу объема контактирующих поверхностей, одинаково, т.е. поверхности квазинейтральные. В этом случае условие стационарности можно представить:

$$\sum \Delta n_1 = \sum \Delta n_2, \quad (1)$$

где n_1 и n_2 – соответственно, количество электронов в первой и второй трущихся поверхностях.

А с учетом того, что происходит переход электронов, условие стационарности может быть выражено через условие перехода электронов с одной поверхности на другую:

$$\sum \Delta N_1 = \sum \Delta N_2, \quad (2)$$

где N_1 и N_2 – соответственно, сумма числа перехода электронов ведущих к заселению соответствующего уровня и сумма всех переходов ведущих к его опустошения.

Каждый из элементарных процессов заселения и опустошения энергетического уровня может быть описан соответствующими выражениями через вероятность переходов или эффективные сечения.

Известно, что переход электронов зависит от энергии освобождения электронов, то есть при выполнении условия, что $W_1 > W_2$ (рис. 1), тогда, частота, соответствующая этому переходу, равна:

$$v_{1,2} = \frac{W_1 - W_2}{h}, \quad (3)$$

где h - коэффициент, учитывающий величину энергии от частоты ее возникновения.

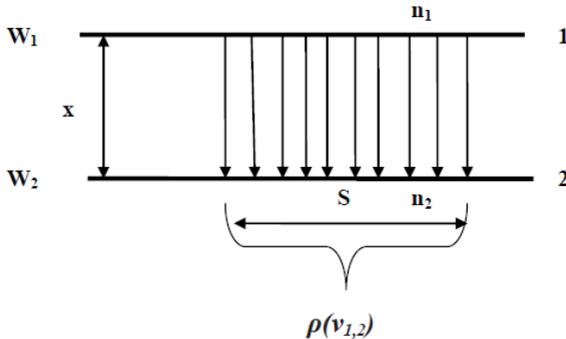


Рисунок 1 - Схема переходов электронов, ведущая к заселению и опустошению энергетических уровней металлов

При этом число переходов в единице объема соприкасающихся трущихся поверхностей в единицу времени, соответственно можно выразить:

$$\left. \begin{aligned} n_1 &= N_1 A_{1,2}, \\ n_2 &= N_2 A_{1,2} \rho(v_{1,2}). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где $A_{1,2}$ - коэффициент вероятности перехода электронов; $\rho(v_{1,2})$ - объемная плотность потока электронов при переходе с одной поверхности на другую к единичному интервалу времени, В/с.

Если выразить количество переходящих электронов через вероятность перехода:

$$dn = N_1 S n_1 dx, \quad (5)$$

где S - единичная площадь контакта, мм²; x - длина перехода электронов (величина зазора в трущемся сопряжении), мм.

Проинтегрировав выражение (5) получим количество электронов перешедших на вторую трущуюся поверхность:

$$n_x = ne^{-N_I Sx}, \quad (6)$$

То есть величина электронов, переходящих с одного металла в другой, будет определяться количеством электронов в металле, его зарядом и геометрическими параметрами контакта в сопряжении.

Поскольку разность потенциалов является результатом различной величины энергии, затрачиваемой на выход электрона из твёрдого тела или жидкости, для трехфазных сопряжений ДВС ее можно записать

$$\varphi = W_I - W_{III} - W_{II}, \quad (7)$$

где W_I - энергия выхода электрона из металла I ; W_{II} - энергия выхода электрона из металла II ; W_{III} - энергия выхода электрона из электролита III .

С учетом того, что температура в контактах трущихся пар всегда отлична от нуля, то в соответствии с элементарной теорией, можно записать

$$\varphi = \frac{KT}{e} \ln \frac{n_2}{n_1}, \quad (8)$$

где K - постоянная Больцмана; T - температура в сопряжении, К; e - заряд электрона, Кл.

Тогда, приняв, что температура электролита будет равна температуре одной из поверхностей и при условии разности температур самих трущихся поверхностей, что характерно для реальных сопряжений ДВС, получим

$$\varphi = \varepsilon = \frac{K}{e} (T_I - T_{II}) \ln \frac{n_2}{n_1}. \quad (9)$$

В этом выражении величина ε будет являться термоэлектродвижущей силой. Как видно, при работе ДВС в его сопряжениях возникает электрический ток, величина которого будет зависеть от свойств трущихся материалов и температуры в сопряжении.

Результаты исследований и их обработка. Таким образом влияние коррозионно-активных разделяющих поверхности сред на механические свойства металлов сопряжений (прочность, твердость, пластичность, ползучесть, усталость и др.) убедительно показывают, что изменения этих свойств прежде всего связаны с электрическим зарядением трущихся поверхностей.

Исходя из этого можно заключить, что одним из направлений снижения износа металлов сопряжений ДВС является предотвращение в них образования разности потенциалов. Это может быть достигнуто формированием на рабочих поверхностях трения сопряжений диэлек-

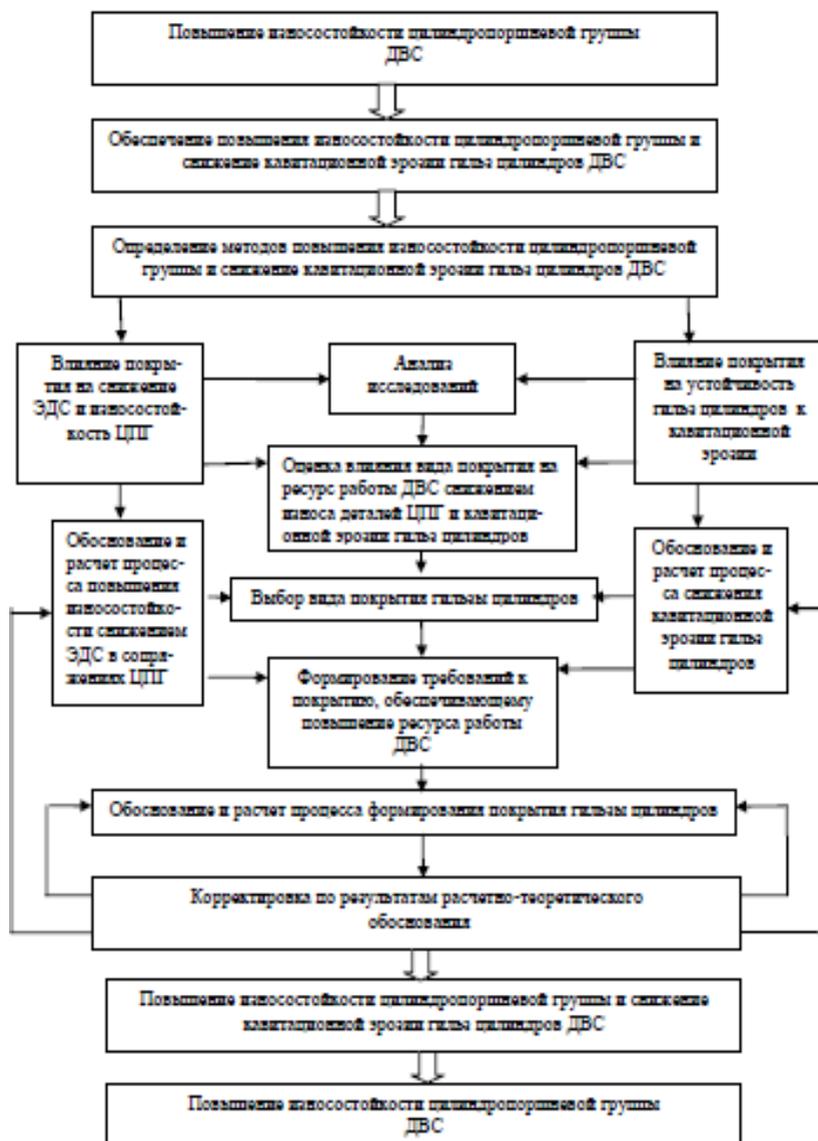


Рисунок 2 - Концептуальная модель повышения износостойкости цилиндропоршневой группы ДВС

трических покрытий, поляризацией металлов сопряжения от внешней среды, обеспечением оптимального соотношения трущейся поверхности к свободной поверхности сопряжения, использованием ингибиторов коррозии. Развитие этого направления требует дальнейших исследований электрохимических процессов, протекающих в сопряжениях ДВС в присутствии смазочного масла.

Наиболее перспективным и доступным способом будет являться нанесение диэлектрических покрытий. Однако нанесение покрытий на рабочую поверхность трения деталей цилиндропоршневой группы потребует изменения их геометрических размеров. поэтому целесообразнее осуществлять внешнее покрытие гильз цилиндров. В случае реализации этого способа может быть решена и задача снижения кавитационной эрозии внешней части гильзы цилиндров.

На основании вышеизложенного можно предложить следующую концептуальную модель взаимосвязи и влияния модернизации цилиндропоршневой группы методом нанесения диэлектрического покрытия на износ деталей цилиндропоршневой группы и ресурс работы двигателей внутреннего сгорания (рис. 2).

В соответствии с принятой концептуальной моделью, исследования влияния формируемого покрытия на внешней поверхности гильзы цилиндров предусматривают установление оптимальных параметров формируемого покрытия, технологий и технологических режимов, обеспечивающих создание покрытия с требуемыми параметрами, а также определение эффективности влияния модернизированных ЦПГ на показатели ресурса и долговечности двигателя автомобиля.

Заключение. Использование предлагаемой концептуальной модели позволяет обеспечить создание ДВС с повышенной износостойкостью цилиндропоршневой группы, обеспечить высокие технико-эксплуатационные показатели современных двигателей и транспортных средств.

Библиографический список:

1. Дзюб, А. Г. Исследование скорости коррозии при трении / А.Г. Дзюб, В.А. Кузнецов, Г.А. Прейс. - Киев. Пищевая промышленность. В сб.: Проблемы трения и изнашивания, вып. 17, 1980. - С. 1-18.
2. Лихтман, В. И. Физико-химическая механика материалов / В.И. Лихтман, Е.Д. Щукин, П.А. Ребиндер. - М.: Изд-во АН СССР, 1962. - 186 с.
3. Салахутдинов, И.Р. К процессу образованию контактной разности потенциалов в сопряжениях ДВС / И.Р. Салахутдинов, А.А. Глушенко // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения: материалы Национальной научно-

- практической конференции. – Димитровград, 2018. – С. 273-277.
4. 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, 2017. – С.125-127.
 5. 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.
 6. 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.128-131.
 7. 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.
 8. Методы управления трением и изнашиванием материалов сопряжений в условиях электрохимических явлений / 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. 250-252.

FORMING A CONCEPTUAL APPROACH TO REDUCED ELECTROCHEMICAL WEAR IN INTERFACE ENGINE CONNECTIONS

Salakhutdinov I.R., Glushchenko A.A., Shvetsov D.S.

Keywords: *contact potential difference, piston ring, cylinder liner.*

The article describes the process of occurrence of the contact potential difference in the interfaces of an internal combustion engine in the presence of lubricating oil, which by virtue of its properties is an electrolyte. Based on the processes considered, a conceptual model of improving the durability of the cylinder-piston group of internal combustion engines has been proposed, the implementation of which allows the creation of an internal combustion engine with enhanced wear resistance of the cylinder-piston group, to ensure high technical and operational indicators of modern engines and vehicles.