

УДК 656.11

ОБЩИЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАННОМУ ВЫБОРУ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИЗНАШИВАНИЯ В ТРИБОСОПРЯЖЕНИЯХ ДВС

**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

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

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»

***Ключевые слова:** диэлектрические свойства, коэффициенты, параметры, ряд Тейлора, эксплуатация, износ, ресурс, координата, сопряжения.*

В статье представлен обобщённый подход к выбору материалов для поверхностей трения в сопряжениях двигателя внутреннего сгорания. Предлагается осуществлять исследовательский выбор материалов на основе системы коэффициентов, характеризующих технологические параметры рассматриваемого материала. Для определения оптимальных значений указанных коэффициентов предложено использовать разложение в ряд Тейлора с последующим графическим представлением оптимальных областей выбираемых параметров.

Введение. Одной из ключевых причин снижения ресурса двигателей внутреннего сгорания современных тракторов и автомобилей является изнашивание сопряжений, обусловленное термоэлектронными, термическими и иными физическими явлениями, возникающими в процессе относительного перемещения трущихся поверхностей деталей. Следствием указанных явлений выступает электрохимический износ трущихся пар [1]. Перспективным

направлением снижения негативного воздействия данных процессов является применение современных материалов, обладающих диэлектрическими свойствами при сохранении твёрдости и износостойкости на уровне штатных материалов, традиционно используемых в двигателестроении [2]. Однако обоснованный выбор таких материалов требует разработки научно обоснованного подхода.

Материалы и методика исследований. Для решения указанной проблемы в рамках проведения исследований предлагается использовать систему коэффициентов, характеризующих параметры выбираемого материала, определяемых на основе разложения функции выходной координаты (следствия) в ряд Тейлора в окрестности рабочей точки по совокупности входных координат (причин) [3]. В данном случае за координаты рабочей точки принимаются регламентированные значения технологических переменных свойств выбираемого материала, обеспечивающие режим нормальной эксплуатации сопряжений двигателя внутреннего сгорания (ДВС). В основу предлагаемого метода положено допущение, согласно которому при разложении в ряд Тейлора используются только линейные (первые) члены этого разложения.

Принцип линеаризации представляет собой современный базовый подход к представлению оптимального функционирования модели с целью управления процессами, протекающими в трущихся сопряжениях, посредством выбора рациональных конструктивно-технологических параметров используемого материала. В этом случае отклонение от точки, характеризующей режим нормальной эксплуатации сопряжения, обусловленное выбираемыми свойствами материала, может либо не выходить за пределы области линейности, либо вклад от возникающих нелинейностей может считаться пренебрежимо малым.

Для наглядности изложенного представим вышесказанное в графической интерпретации. Предположим, что в качестве выходных переменных рассматриваются величина износа $I_{ВЫХ}$ и ресурс работы сопряжения $Q_{ВЫХ}$. В таком случае их общие неявные зависимости от входных переменных F , R и S характеризующих свойства выбираемого материала, могут быть выражены следующим образом [4]:

$$I_{ВЫХ} = \Phi_I(F, R, S) \quad (1)$$

$$Q_{\text{ВЫХ}} = \Phi_2 (F, R, S) \quad (2)$$

Тогда, в соответствии с линейным разложением в ряд Тейлора, в пределах области малых отклонений (приращений) для входных координат приращения выходных переменных $\Delta R_{\text{ВЫХ}}$ и $\Delta Q_{\text{ВЫХ}}$ могут быть записаны следующим образом:

$$\Delta I_{\text{ВЫХ}} = \left(\frac{\partial \Phi_1}{\partial F} \Delta F + \frac{\partial \Phi_1}{\partial R} \Delta R + \frac{\partial \Phi_1}{\partial S} \Delta S \right) \quad (3)$$

$$\Delta Q_{\text{ВЫХ}} = \left(\frac{\partial \Phi_2}{\partial F} \Delta F + \frac{\partial \Phi_2}{\partial R} \Delta R + \frac{\partial \Phi_2}{\partial S} \Delta S \right) \quad (4)$$

В выражениях (3) и (4) частные производные будут соответствовать искомым коэффициентам:

$$K_{12} = \frac{\partial \Phi_1}{\partial F}; \quad K_{22} = \frac{\partial \Phi_1}{\partial R}; \quad K_{32} = \frac{\partial \Phi_1}{\partial S}; \quad (5)$$

$$K_{13} = \frac{\partial \Phi_2}{\partial F}; \quad K_{23} = \frac{\partial \Phi_2}{\partial R}; \quad K_{33} = \frac{\partial \Phi_2}{\partial S}. \quad (6)$$

Результаты исследований. В процессе проведения исследований указанные частные производные (коэффициенты) определяются как соответствующие касательные к рабочей точке, характеризующей режим нормальной эксплуатации. При этом сама рабочая точка, а также диапазон, соответствующий режиму нормальной эксплуатации, подлежат представлению на статической характеристике для выбранного K_{IJ} канала преобразования информации (рис. 1). Положение рабочей точки и границы диапазона нормальной эксплуатации определяют область, в пределах которой линейная аппроксимация сохраняет приемлемую точность, а влияние нелинейных эффектов может быть минимизировано.

Определение полного набора значений коэффициента K_{IJ} для сопряжения двигателя внутреннего сгорания может быть выполнено с использованием метода планирования эксперимента путём идентификации и построения уравнения регрессии.

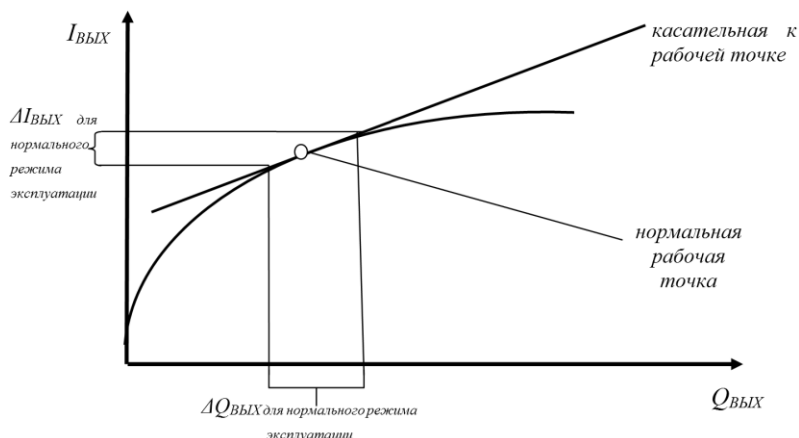


Рисунок 1 - Статическая характеристика процесса эксплуатации

Заключение. Использование предлагаемых уравнений соответствует линейной аппроксимации нелинейных статических характеристик в области рабочего диапазона нормальной эксплуатации сопряжений двигателя внутреннего сгорания с учётом параметров выбираемого материала. Это, в свою очередь, позволяет обоснованно выбрать материал для трущихся поверхностей сопряжений, обеспечивающий снижение интенсивности их изнашивания и повышение ресурса как отдельных трибосопряжений, так и двигателя внутреннего сгорания в целом.

Библиографический список:

1. Салахутдинов, И.Р. Теоретическое обоснование снижения износа уменьшением величины ЭДС в паре трения «поршневое кольцо - гильза цилиндров» / 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.
2. 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.

3. Москвин, Б.В. Математические методы в экономике: учебное пособие / Б. В. Москвин; Б. В. Москвин; Негос. образовательная авт. некоммерческая орг. Межотраслевой ин-т подгот. кадров и информ. – Санкт-Петербург: Изд-во МИПКИ, 2007. – 94 с. – ISBN 978-5-903051-08-3. – EDN QSACVH.

4. Алексеенко, В.Б. Математические модели в экономике: Учебное пособие / В. Б. Алексеенко, Ю. С. Коршунов, В. А. Красавина. – Москва: Российский университет дружбы народов, 2013. – 80 с. – ISBN 978-5-209-04814-5. – EDN SUIBIT.

A GENERAL APPROACH TO THE INFORMED SELECTION OF STRUCTURAL MATERIALS TO MINIMIZING THE ELECTROCHEMICAL COMPONENT OF WEAR IN ICE TRIBOSIS

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

Keywords: *dielectric properties, coefficients, parameters, Taylor series, operation, wear, resource, coordinate, conjugations.*

This article presents a generalized approach to selecting materials for friction surfaces in internal combustion engine interfaces. It proposes conducting exploratory material selection based on a system of coefficients characterizing the process parameters of the material in question. To determine the optimal values of these coefficients, it is proposed to use a Taylor series expansion followed by a graphical representation of the optimal ranges of the selected parameters.