

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗНОС РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Салахутдинов И.Р., кандидат технических наук, доцент,

тел.: 88422559513, ilmas.73@mail.ru

Салахутдинов А.И., студент тел.: 89372711990,

aidar.17333@gmail.com

ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Глушченко А.А., кандидат технических наук, доцент,

тел. 89374564933, oildel@yandex.ru

ФГБОУ ВО Ульяновский государственный университет

***Ключевые слова:** отказ, износ, гильза цилиндров, задиры, механическое, молекулярно-механическое, коррозионно-механическое изнашивание*

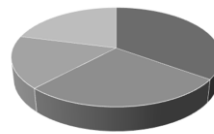
В работе произведен анализ факторов, влияющих на износ рабочих поверхностей деталей двигателя внутреннего сгорания, выявлено что контактная электризация, возникновение электродвижущей силы, электрохимические и термоэлектрические явления значительно влияют на процесс изнашивания в двигателе внутреннего сгорания, при этом выявлено что наибольшее количество отказов приходится на молекулярное – механическое изнашивание - 35% и коррозионно-механическое изнашивание 27%.

Введение. В процессе эксплуатации ДВС подвергаются внешним и внутренним воздействиям, в результате изнашивания (рис. 1) изменяется их техническое состояние (рис. 2), что уменьшает ресурс работы агрегата. Например, увеличение износа деталей ЦПГ и ГРМ двигателя является одним из главных причин повышенного расхода топлива и масла, снижения его долговечности, а также понижения тяговых качеств автомобиля [1].

Материалы и методы исследований.



**Рисунок 1 –
Классификация видов
изнашивания**



■ Молекулярно - механическое изнашивание ■ Коррозионно - механическое изнашивание
■ Механическое изнашивание ■ Эксплуатационное изнашивание

**Рисунок 2 – Диаграмма
количества отказов по видам
износа**

Из данных диаграммы видно, что наибольшее количество отказов приходится на молекулярно - механическое изнашивание - 35%; коррозионно-механическое изнашивание 27% [2,3].

Молекулярно-механическое изнашивание (таб. 1) происходит в результате молекулярного сцепления материалов трущихся поверхностей сопряженных деталей. При относительном перемещении деталей, неровности поверхностей пластически деформируются, возникают местные контакты (схватывания) на трущихся поверхностях и разрушения их с отделением частиц металла (рис. 3) или налипанием их на поверхностях трения.

Таблица 1 – Примеры износа ДВС при молекулярно – механическом изнашивании

№	Примеры износа	%
1	Износ компрессионных и маслосъемных колец	12,1
2	Проворот шатунных и коренных вкладышей коленчатого вала	20,3
3	Задиры на поверхностях шеек коленчатого вала	23,2
4	Заклинивание поршня	7,9
5	Износ гильзы цилиндров	26,5
6	Задиры на поверхности поршневого пальца	6,2
7	Деформация шатуна	3,8

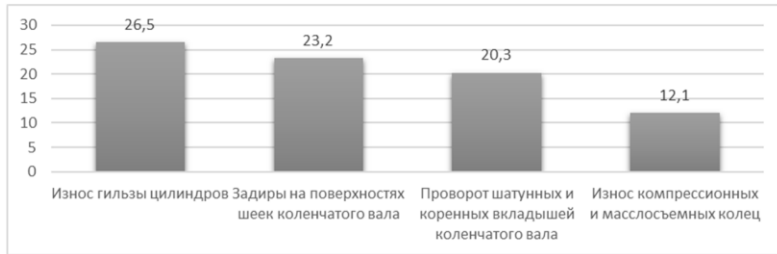


Рисунок 3 – Гистограмма износа при молекулярно – механическом изнашивании

Анализируя рисунок 3, можно сделать вывод, что наибольшее количество отказов приходится на износ гильзы цилиндров и возникновение задиров на поверхностях шеек коленчатого вала.

Коррозионно - механическое изнашивание (таб. 2) - это изнашивание в результате механического воздействия (рис. 4), сопровождаемого химическим и электрическим взаимодействием материала со средой.

Таблица 2 – Примеры износа ДВС при воздействии коррозионно – механического изнашивания

№	Примеры износа	%
1	Износ гильзы цилиндров под воздействием эрозионного изнашивания	23,4
2	Возникновение термоусталостных трещин и прогорание выпускного клапана под воздействием высокотемпературной коррозии	25,9
3	Образование петтинговых язвин, шероховатостей на штоках и рабочих конусах седел впускных клапанов под воздействием низкотемпературной коррозии	19,1
4	Образование трещин в блоке двигателя под воздействием щелевой коррозии	2,6
5	Разрушение шлицевых, шпоночных, болтовых соединений под воздействием фреттинг - коррозии	13,7
6	Кавитационный износ водяного насоса	8,2
7	Износ внешней поверхности гильзы цилиндра под воздействием вибрационной коррозии	7,1

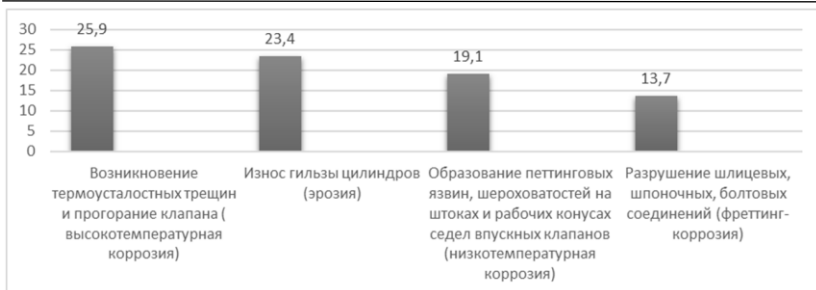
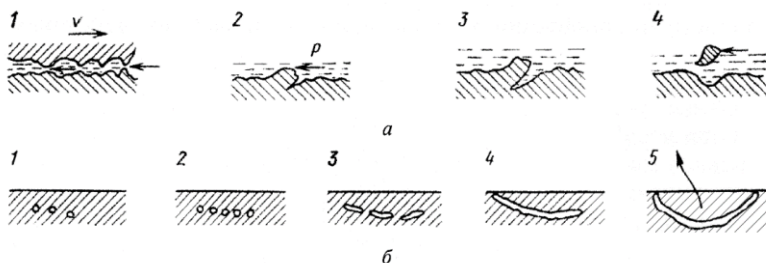


Рисунок 4 – Гистограмма износа при коррозионно – механическом изнашивании

По данным таблицы 2 и рисунка 4, можно сделать вывод, что наибольшее количество отказов происходило под действием высокотемпературной коррозии и эрозионном изнашивании [3,4].

Из приведенных данных видно, что значительное количество отказов приходится на цилиндро – поршневую группу, а именно на износ гильзы цилиндров. В следствии интенсивного трения поршневых колец о стенку гильзы цилиндров возникает усталостное, абразивное, адгезионное изнашивание, а также сопровождается кавитационным и электроэрозионным изнашиванием.

Усталостное изнашивание (рис. 5) - изнашивание в результате повторного деформирования микрообъемов материала поверхности трения или отдельных ее участков, что приводит к возникновению усталостных трещин и отделению частиц.

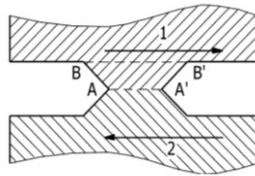


а- микротрещины на поверхности; б – микротрещины в подповерхностном слое

Рисунок 5 – Схема усталостного изнашивания поверхности

Абразивное изнашивание - механическое изнашивание материала в результате режущего или царапающего действия на него абразивных частиц, находящихся в свободном или закрепленном состоянии. Распространенный износ при абразивном изнашивании – задиры гильз цилиндров, вкладышей, кулачков распределительного вала.

Адгезионное изнашивание (рис. 6) - образуется вследствие действия сил молекулярного сцепления на поверхности раздела двух металлических деталей с образованием адгезионных связей. Этому виду изнашиванию характерно схватывание и заедание механизмов.



AA' – поверхность схватывания, BB' - поверхность подверженная разрушению

Рисунок 6 – Схема адгезионного изнашивания

Кавитационное изнашивание - разрушение материала от соприкосновения его с движущейся жидкостью, в которой нарушается сплошность ее объема из-за образования полостей, заполненных газом, паром или их смесью. При данном виде изнашивания происходит разрушение внешней поверхности гильзы цилиндра, износ водяного насоса [5,6].

Электроэрозионное изнашивание - это эрозионное изнашивание поверхности в результате воздействия разрядов при прохождении электрического тока, образованного при трении металлов. Также при прохождении электрического тока через металл допускается ослабление кристаллической решетки, что приводит к усталостному износу. Проявлениях термоэлектрических токов ускоряет процесс адгезионного изнашивания.

Для полного анализа рассмотрим все факторы (рис. 7) влияющие на износ гильзы цилиндров. К внешним факторам относят: конструкторские (вид трения, металла, способ обработки и т.д);

технологические (технология изготовления, квалификация рабочих); эксплуатационные (организация ТО, соблюдение режимов работы) и внешнюю среду (климатические условия).

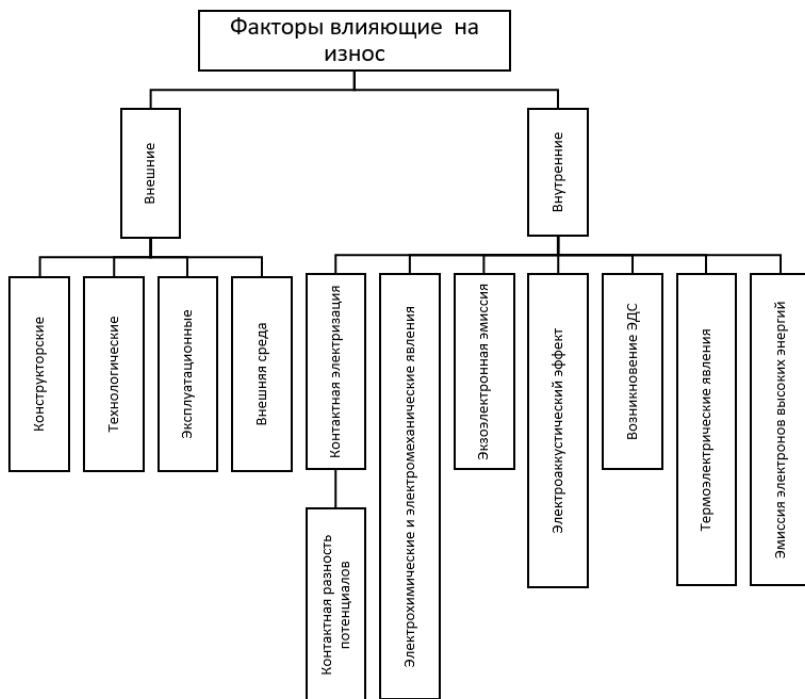


Рисунок 7 – Факторы, влияющие на износ рабочих поверхностей деталей двигателя внутреннего сгорания

Износ деталей двигателя внутреннего сгорания, сопровождающийся возникновением и прохождением электрического тока, относят к внутренним факторам:

Контактная электризация (рис. 8) - При трении двух тел – диэлектриков, полупроводников, металлов с диэлектриками всегда наблюдается электризация обоих тел. Заряды тел, участвующих в процессе трения, имеют одинаковые значения и разные знаки.

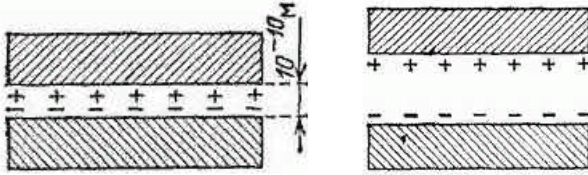
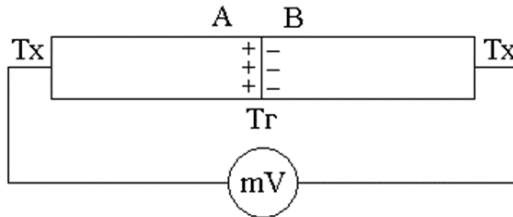


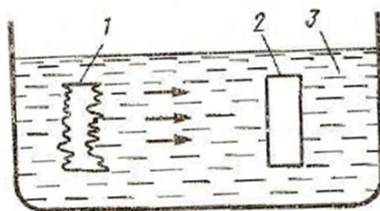
Рисунок 8 – Контактная электризация

Контактная разность потенциалов (рис. 9) - Если два различных металла или сплава приводятся в плотное соприкосновение, между ними может возникать контактная разность потенциалов. Причина ее появления состоит в неодинаковой величине работы выхода электронов из металлов, а также в различной плотности свободных электронов у разных металлов.

Если взять два разных проводника - А и В с работами выхода электронов W_A и W_B ; плотностью электронов n_A и n_B , то при соотношении, например, $W_A < W_B$ и $n_A > n_B$, электроны из А перейдут в приграничном слое контакта в В, нарушится электронейтральность и на границе соприкосновения появится контактная разность потенциалов.

Рисунок 9 - Контактная разность потенциалов ($W_A < W_B$, $n_A > n_B$)

Электрохимические и электромеханические явления (рис. 10) - Коррозия металлов, находящаяся в контакте с жидкими средами, является электрохимическим процессом. В этом процессе участвуют: анод - участок, на котором происходит потеря (растворение) металла; катод - участок, на котором металл не разъедается; электролит - среда, в которой развивается процесс.



1 – анод; 2- катод; 3 – электролит

Рисунок 10 – Схема коррозионной повреждаемости

Экзоэлектронная эмиссия - как физический процесс представляет нестационарную низкотемпературную эмиссию, возникающую с поверхности твердых тел вследствие их возбуждения. Поверхность может возбуждаться либо в результате физико - химических процессов (адсорбции, окисления, коррозии, катализа, фазовых превращений), либо за счет внешних воздействий, например, механической обработки.

Электроакустический эффект - появление в проводнике постоянного тока в замкнутой цепи или электрического напряжения на концах разомкнутого проводника при распространении в нём акустической волны. Эффект возникает из-за увлечения носителей тока акустической волной вследствие акустоэлектронного взаимодействия, при котором часть импульса, переносимого волной, передаётся электронам проводимости, в результате чего на них действует средняя сила, направленная в сторону распространения волны. В соответствии с этим акустический эффект меняет знак при изменении направления волны на противоположное.

Электродвижущая сила – работа, совершаемая источником электрической энергии при переносе единицы положительного заряда по всей замкнутой цепи. Природа возникновения электродвижущей силы основана на электрохимических процессах и в настоящее время существует несколько теорий ее возникновения. Одной из них является возникновение ЭДС при трении и резании металлов, вызывающее ток, протекающий по цепи пары трения. Однако этот вопрос до конца не изучен и требует дальнейших исследований.

Термоэлектрические явления – это явления, возникающих в процессе трения сопряженных деталей машин установлено, что ток

появляется вследствие возникновения термо – ЭДС при нарушении теплового равновесия в местах контакта трущихся металлических тел. Отмечается, что термоэлектрический ток при прохождении через трущиеся поверхности оказывает на них эрозионное разрушающее действие.

Электроэрозионный эффект (рис. 11) - электрической эрозией металлов называется физическое явление, заключающееся в направленном переносе материала электродов под воздействием электрического разряда. Установлено, что явление электроэрозии может происходить при очень малой мощности источников питания. Электрическая эрозия сопровождается направленным выбросом или переносом частиц металла под воздействием энергии, выделяемой в межэлектродном промежутке проходящим по нему электрическим током. Под действием электрического тока происходит рекристаллизация и разупрочнение материала, пластическая деформация. В результате многократного прохождения электрического тока на поверхности металла возникают трещины и кратеры, как следствие усталостных напряжений [2-6].

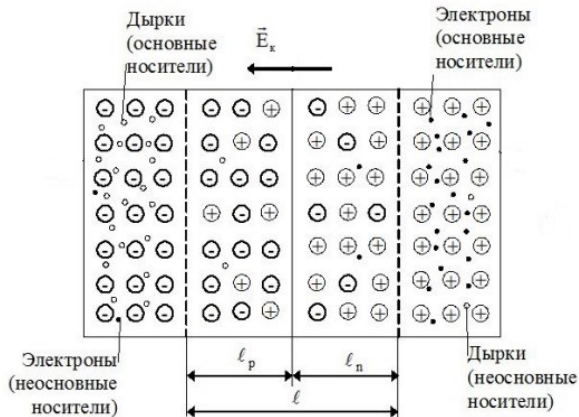


Рисунок 11 – Схема электронно – дырочного перехода

Выводы. Проанализированные виды изнашивания, присутствующие в двигателе внутреннего сгорания, выявили что наибольшее количество отказов приходится на молекулярно – механическое изнашивание - 35% и коррозионно-механическое

изнашивание 27%. Анализ факторов, влияющих на износ рабочих поверхностей деталей двигателя внутреннего сгорания, показал что контактная электризация, возникновение электродвижущей силы, электрохимические и термоэлектрические явления значительно влияют на процесс изнашивания.

Библиографический список:

1. Каримходжаев Н., Алматаев Т.О., Одилов Х.Р. Основные причины, вызывающие износ деталей автотранспортных средств, эксплуатирующихся в различных природно-климатических условиях // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. 2020. № 5(74). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/9435>

2. Результаты экспериментальных исследований износостойкости деталей с измененными физико-механическими характеристиками поверхности трения / И. Р. Салахутдинов, А. Л. Хохлов, А. А. Глущенко, К. У. Сафаров // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы II-ой Международной научно-практической конференции. Том 2010-3. – Ульяновск, 2010. – С. 107-116.

3. Салахутдинов, И. Р. Теоретическое обоснование процесса снижения износа цилиндرو-поршневой группы биметаллизацией методом вставок / И. Р. Салахутдинов, А. Л. Хохлов, А. А. Глущенко // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2011. – № 2. – С. 42-45.

4. Салахутдинов, И. Р. Повышение износостойкости гильз цилиндров бензиновых двигателей биметаллизацией рабочей поверхности трения : монография / И. Р. Салахутдинов, А. Л. Хохлов ; Салахутдинов И. Р., Хохлов А. Л. . – Ульяновск, 2012. – 180 с. – ISBN 978-5-902532-91-0. – EDN QLDDCJ.

5. Патент № 2451810 С1 Российская Федерация, МПК F02F 1/20. Цилиндропоршневая группа двигателя внутреннего сгорания : № 2011100391/06 : заявл. 11.01.2011 : опубл. 27.05.2012 / Д. А. Уханов, А. Л. Хохлов, И. Р. Салахутдинов, А. А. Хохлов ; заявитель ФГОУ ВПО "Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия". – EDN NHXNBT.

6. Починов, В. Д. Повышение износостойкости гильз цилиндров путем нанесения электроизолирующего покрытия / В. Д. Починов, И. Р. Салахутдинов // Научно-технологические приоритеты в развитии агропромышленного комплекса России: Материалы 73-й Международной научно-практической конференции. Часть II. – Рязань, 2022. – С. 120-124. – EDN NKIWYY.

FACTORS AFFECTING WEAR OF WORKING SURFACES OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE PARTS

Salakhutdinov I.R., Salakhutdinov A.I., Glushchenko A.A.

Keywords: *failure, wear, cylinder liner, scuffing, mechanical, molecular-mechanical, corrosion-mechanical wear*

The paper analyzes the factors affecting the wear of the working surfaces of internal combustion engine parts, it was found that contact electrification, the occurrence of electromotive force, electrochemical and thermoelectric phenomena significantly affect the wear process in an internal combustion engine, while it was found that the greatest number of failures are due to molecular-mechanical wear - 35% and corrosion-mechanical wear 27 %.