

Дидур В.А., Журавель Д.П., Юдовинский В.Б., Коломоец В.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА МАТЕРИАЛОВ ДЕТАЛЕЙ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДВС В СРЕДЕ БИОТОПЛИВА

Таврический государственный агротехнологический университет

Постановка проблемы. Перевод мобильной техники на биотопливо, основанного на метиловых эфирах жирных кислот, которые реагируют со многими материалами, требует тщательного подхода к подбору материалов топливных и других систем двигателей мобильной техники.

Существенную роль в направлении химических превращений, а также в образовании продуктов этих превращений при трении играют различные примеси, являющиеся акцепторами свободных радикалов, например меркаптаны. Различные виды меркаптанов содержатся в нефти и продуктах ее переработки, в том числе топливах и смазочных маслах, а также в других органических маслах получаемых на их основе биотопливах.

Поведение металлов в среде биотоплива, основанного на меркаптанах, имеющего избыточный водород, изучено недостаточно. Особенно это касается изнашивания металлов в среде биотоплива.

Анализ последних исследований. В работах [1-4] изучено влияние меркаптанов на противоизносные свойства топлив для двигателей и было установлено, что полное отсутствие меркаптанов в топливах, полученных гидроочисткой, ухудшает противоизносные свойства топлив и приводит к таким неприятным последствиям, как заедание плунжеров в топливных насосах.

Любые топлива на основе углеводородов содержат различные виды меркаптанов, в частности –бензилмеркаптан, оптимальное содержание которого в топливе составляет 0,005%. Повышение концентрации меркаптанов в топливе ухудшает противоизносные свойства материалов деталей топливных насосов. Это объясняется двумя причинами:

во первых - развитием в зоне трения коррозионных процессов, способствующих повышению износа уже при сравнительно невысоких температурах;

во вторых - понижением прочности поверхностных слоев металла при увеличении на его поверхности количества адсорбированных молекул меркаптана.

Наряду с положительными качествами меркаптаны обладают недостатком, так как вызывают повышенную коррозию деталей топливных насосов, содержащих медь.

Ухудшение противоизносных свойств с увеличением содержания меркаптана связано не только с перечисленными причинами, а также с тем, что меркаптаны при разложении выделяют свободный водород. При небольшом содержании меркаптанов водород затрачивается на восстановление оксидов и других продуктов коррозии, присутствующих на поверхностях трения, а при повышенном содержании водород, взаимодействуя со стальным контртелом, способствует развитию водородного износа.

Водородное изнашивание, как один из процессов разрушения поверхностей при трении скольжения, изучен всего лишь 15 ... 20 лет назад А. А. Поляковым и Гаркуновым, однако по этому вопросу уже опубликовано несколько книг [3, 4] и около 100 журнальных статей. За рубежом явление водородного изнашивания при трении скольжения находится в начальной стадии изучения.

Из всех видов разрушения поверхностей при трении скольжения, по-видимому, водородное изнашивание наиболее трудно поддается изучению, несмотря на то, что оно

обнаруживается в узлах трения машин различных отраслей техники и по широте проявления может быть сравнимо с абразивным изнашиванием.

Область проявления водородного изнашивания весьма обширна. Практически все трущиеся поверхности стальных и чугуновых деталей содержат повышенное количество водорода и, следовательно, подвержены повышенному изнашиванию. Наличие в воздухе паров воды создает благоприятные условия для водородного изнашивания, не говоря уже о разложении в зоне контакта смазочного материала или топлива.

Водород, проникший в сталь, при трении будет постепенно диффундировать в поверхность и вызывать ее изнашивание.

Только в последние годы теоретически А. В. Кудинов, а затем экспериментально В. Я. Матюшенко и Г. П. Шпеньков [5] установили, что при тяжелых режимах трения максимальная температура образуется не на поверхности, а на некоторой глубине. Это создает условия, при которых водород, если он будет адсорбирован на поверхности детали, под действием температурного градиента диффундирует в глубь поверхности, там концентрируется и вызывает охрупчивание поверхностных слоев, а следовательно, усиливает изнашивание.

Последним этапом водородного изнашивания является своеобразное разрушение стальной поверхности. Под нею одновременно образуются многочисленные трещины, которые, сливаясь, могут мгновенно превратить поверхностные слои детали в порошок. При водородном охрупчивании образуется и развивается только одна трещина, которая и приводит к разрушению детали. Как видим, и здесь имеется коренное отличие водородного изнашивания от водородного охрупчивания.

Формулирование целей статьи. Целью статьи есть определение износостойкости конструкционных материалов топливной аппаратуры ДВС, работающих в среде биотоплива.

Основная часть. Основным видом износа прецизионных соединений топливной аппаратуры является абразивный износ, который преобладает в области наполнительных окон втулки и торца плунжера, перекрывающего кромки этих окон.

Наряду с конструктивными особенностями, с целью уменьшения износа, детали прецизионных узлов изготавливают из специальных сталей и проходят термообработку с целью получения высокой твердости сопрягаемых поверхностей ($HRC > 60$). Изготовление плунжерных пар из азотируемых сталей позволяет повысить их износостойкость на 40-50% по сравнению с цементируемыми. (Таблица 1).

Таблица 1 - Термостойкость сталей

Марка стали	Температура, при которой сохраняется твердость, °С	Твердость, HRC
ШХ15	200-220	58
ХВГ	220	58
25Х5М	400	64
18Х2Н4МА	160	58
Р18	560	60
38ХМЮА(азотируемая)	540-560	95

Эти стали обладают высокой антикоррозионной стойкостью. Азотируемая сталь 38ХМЮА, хотя после азотирования имеет твердость 950НВ, обладает повышенной поверхностной хрупкостью, что может приводить к сколам металла.

Иглы распылителей изготавливают обычно из стали Р18 (Р6М5), клапанные пары – из стали ШХ15. Возможно повышение твердости поверхности прецизионных деталей путем нанесения нитридов титана на основе использования вакуумно-плазменной технологии.

Испытание на износ различных материалов проводился на установке ролик- колодка. (Рисунок 1).

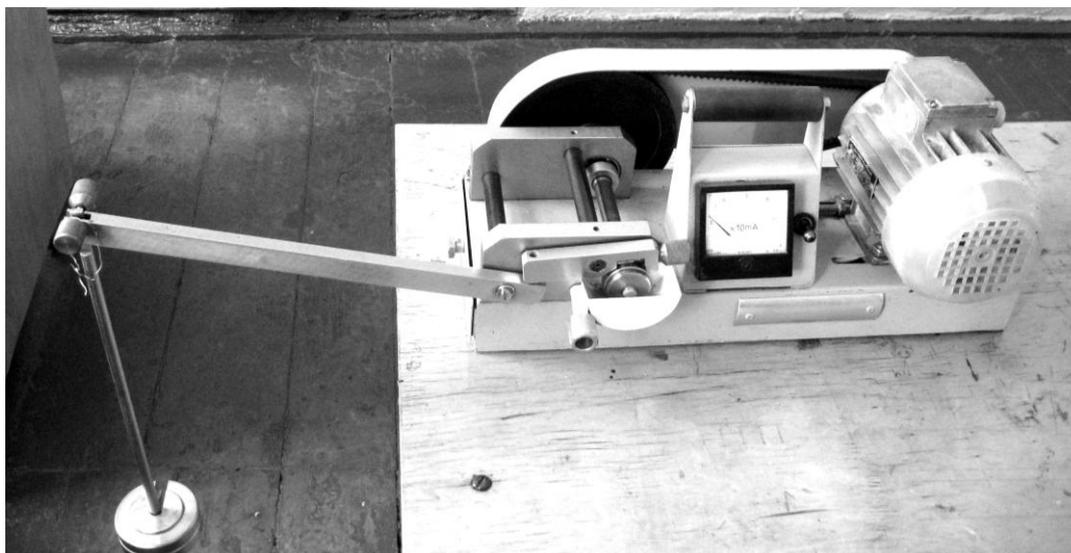


Рисунок 1- Машина трения системы ролик-колодка

Ролик был изготовлен из стали ШХ15 с твердостью поверхности 60-62 HRC. Испытаниям подвергались материалы: Стали ШХ15, ХВГ, P18-термически обработанные, 25X5M, 18X2H4MA - цементированные и сталь 38XMЮА подвергнутая азотированию.

Характеристика материалов представлена в таблице 2.

Таблица 2- Характеристика материалов колодок, подвергаемых испытаниям

Материал	Химический состав, %								Твердость, HRC
	C	Si	Mn	Cr	P	S	Ni	Cu	
ШХ15	0,95-1,05	0,17-0,37	0,20-0,40	1,30-1,65	0,027	0,02	0,30	0,25	58,0
ХВГ	0,9-1,05	0,15-0,35	0,8-1,1	0,9-1,2	1,2-1,6W	-	-	-	58,0
25X5M	0,22-0,27	0,1-0,2	0,2-0,3	4,8-5,3	0,35-0,65Mo	-	-	-	64,0
18X2H4MA	0,14-0,2	-	0,45-0,65Mo	1,35-1,65	-	-	4,0-4,4	-	58,0
P18	0,7-0,8	-	<1,0	3,8-4,4	17,0-18,5W	1,0-1,4V	-	-	60,0
38XMЮА	0,35-0,42	0,17-0,37	0,30-0,60	1,35-1,65	0,15-0,25Mo	0,7-1,1Al	<0,2		95,0

Колодка – образец квадратного сечения нагружался силой $P=613,5$ Н. Ролик – изготовленный из стали ШХ15 диаметром 30мм. Относительная скорость скольжения образцов $V= 71,25$ м/мин.

Замеры износов производились через каждые 70 м пути трения (1 минута). Замерялась ширина лунки образца (колодки), получаемая при износе колодки по ролику, с последующим перерасчетом на объем изношенного материала, интенсивности изнашивания.

Объемы износов, полученные перерасчетом размеров лунок колодок представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Износ объема металла в мм³ в зависимости от пути трения

материал	Путь трения, м						
	75м	150м	220м	290м	360м	430м	500м
ШХ15, ХВГ, 18Х2Н4МА	1,8	2,47	2,95	3,36	3,61	3,8	3,95
25Х5М	1,54	2,18	2,68	3,06	3,3	3,46	3,58
P18	1,71	2,33	2,86	3,26	3,5	3,67	3,83
38ХМЮА	1,1	1,64	1,89	2,05	2,17	2,32	2,44

Объемный износ различных материалов при нагрузке P=613,5 Н. и относительной скорости скольжения образцов V= 71,25 м/мин в среде биотоплива представлен на рисунке 2.

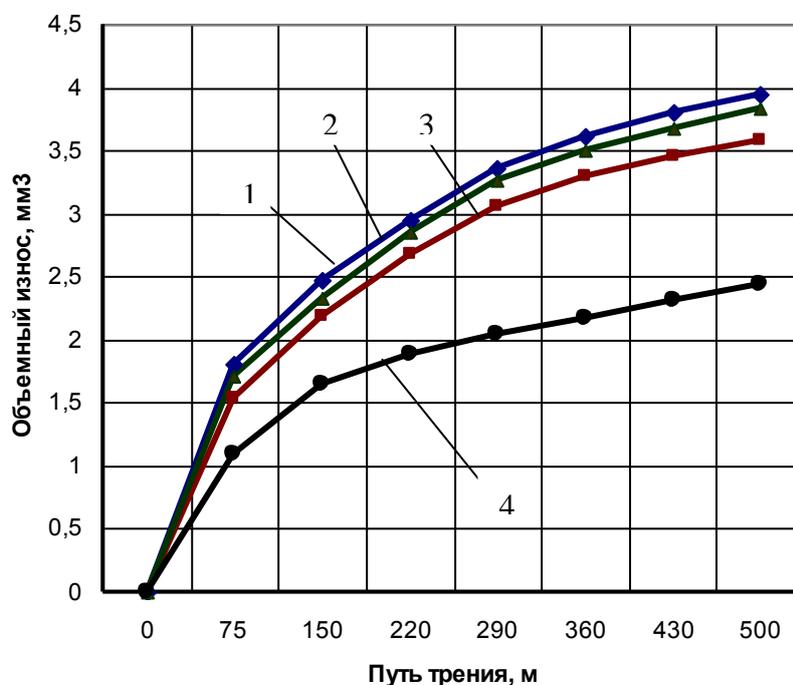


Рисунок 2 - Зависимость объемного износа материалов от пути относительного перемещения образцов (пути трения) в среде биотоплива:

1- стали ШХ15, ХВГ, 18Х2Н4МА, 2 – сталь P18,
3 – сталь 25Х5М, 4 –сталь 38ХМЮА азотированная.

Как видно из рисунка, кривые объемного износа подчиняются параболическому закону и описываются следующими эмпирическими зависимостями:

для термически обработанной стали ШХ15 объемный износ описывается уравнением

$$V = -0,0000018S^2 + 0,0032S + 2,85, \text{ мм}^3,$$

для азотированной стали 38ХМЮА объемный износ описывается уравнением

$$V = 0,0000814 \cdot S^2 - 0,0132 \cdot S + 1,628, \text{ мм}^3$$

где S – путь трения в м.

По объемному износу рассчитана интенсивность изнашивания различных материалов в среде биотоплива. Данные по интенсивности изнашивания представлены в таблице 4.

Таблица 4- Интенсивность изнашивания образцов, $\text{мм}^3/\text{мин}$. в среде биотоплива

материал	Путь трения, м						
	75м	150м	220м	290м	360м	430м	500м
ШХ15, ХВГ, 18Х2Н4МА	1,8	0,731	0,42	0,296	0,19	0,127	0,11
25Х5М	1,54	0,53	0,32	0,205	0,103	0,073	0,06
P18	1,71	0,65	0,36	0,26	0,14	0,103	0,1
38ХМЮА	1,1	0,4	0,25	0,14	0,06	0,04	0,04

Зависимости интенсивности изнашивания различных материалов в среде биотоплива, представлены на рисунке .3.

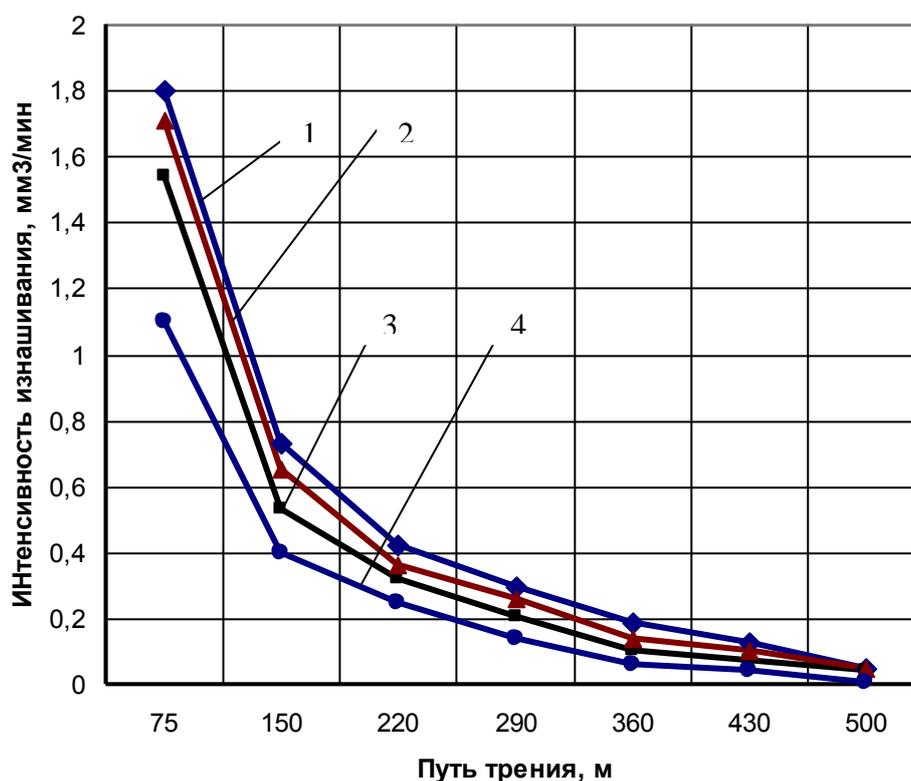


Рисунок 3 - Интенсивность изнашивания материалов в среде биотоплива:
1- стали ШХ15, ХВГ, 18Х2Н4МА, 2 – сталь P18,
3 – сталь 25Х5М, 4 –сталь 38ХМЮА азотированная.

Из этих зависимостей видно, что интенсивность изнашивания максимальна в начальный период и стабилизируется после 450 м пути трения.

Такое поведение рассматриваемых материалов в процессе изнашивания определяется наличием свободного хрома в стали до 2%.

Большое влияние на износ сталей оказывает хром, содержание которого в отдельных сталях достигает 18%, что значительно превосходит количество других легирующих элементов. При исследовании продуктов износа было установлено, что при трении металлов в топливе кроме окислов железа присутствуют в достаточном количестве окислы хрома.

Это дает основание утверждать, что в окислительном изнашивании металлов хром принимает активное участие. Активное окисление хрома обуславливается тем, что, во-первых, его процентное содержание в металле значительно превосходит количество других элементов и, во-вторых, в ряду активности по отношению к кислороду хром занимает одно из первых мест.

Добавляемые в металлы легирующие элементы располагаются в ряду активности по отношению к кислороду при комнатной температуре и атмосферном давлении в следующем порядке: **V, Si, Mn, Cr, Fe, W, Mo, Ni**.

Влияние содержания хрома в сталях на их износ в среде биотоплива проверялся на установке ролик-колотка (Рисунок 1) при пути трения 1000 м с простоями в 24 часа через каждые 100 м пути трения.



Рисунок 4- Зависимость износа сталей при трении в среде метанолов от содержания хрома

Анализ результатов исследования износостойкости конструкционных сталей с различным содержанием легирующих элементов, позволил выявить определенную закономерность между износом стали и процентным содержанием в ней хрома (Рисунок 4).

Откуда видно, что существует оптимальное содержание хрома, при котором процесс трения реализуется с минимальным износом стали.

Выводы. 1. Наименьший износ в среде биотоплива имеют конструкционная азотированная сталь 38ХМЮА и инструментальная цементируемая сталь 25Х5М.

2. Легированные стали с содержанием хрома до 4% подвержены воздействию биотоплива, за исключением стали 38ХМЮА, где хром находится в связанном состоянии в виде нитрида хрома.

3. Хромистые стали наибольшую стойкость к изнашиванию в среде биотоплива имеют при наличии хрома более 4%.

Литература:

1. Журавель Д.П. Знос матеріалів в середовищі біопалив/ Д.П. Журавель , В.Б Юдовинський// - Праці ТДАТУ.- Вип. 10. т.2- Мелітополь, 2010.-с. 77-90.
2. Журавель Д.П. Вплив біопалива на знос матеріалів паливної апаратури двигунів мобільної техніки/ Д.П. Журавель , В.Б Юдовинський, С В.Кюрчев// Науковий вісник Луганського національного аграрного університету.Серія:Технічні науки.- Лганськ:Видавництво ЛНАУ, 2009.№3.-с.87-90.
3. Защита от водородного износа в узлах трения/ Под ред.. А.А.Полякова. М.: Машиностроение, 1980. 133с.
4. Физико-химия трения/ Под ред.. Д.Н.Гаркунова. Минск: БГУ им.В.И.Ленина, 1978, 204с.
5. Матюшенко В.Я. Износостойкость наводороженных металлов.-в кн.: Исследование водородного износа. М.: Наука, 1977, с24-27.

УДК 620.178.16.004

Дидур В.А., Журавель Д.П., Юдовинский В.Б., Коломоец В.А. Исследование износа материалов деталей плунжерных пар топливной аппаратуры ДВС в среде биотоплива

Работа посвящена определению износостойкости конструкционных материалов деталей топливной аппаратуры ДВС, работающих в среде биотоплива

УДК 620.178.16.004

Didur V.A., Guravel D.P., Yudovinski V.B., Kolomoec V.A.. Research of wear of materials of details of plunders pair of fuel pump engine (ICE) in the environment of biopropellant

Work is sacred to determination of wearproofness of construction materials of details of fuel pump engine (ICE), working in the environment of biopropellant