

УДК 621.431.7/436+621.004.61/01-19:631.33

Л.Н. Болдарь, канд. техн. наук, доц.
Луганский национальный аграрный университет, Украина
Тел./Факс: 8(0642) 96-74-97; E-mail: rector@lnau.lg.ua

ПУТИ РАЗРЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ И ГОРЮЧЕ- СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проблему рационального использования отечественной сельскохозяйственной техники и горюче-смазочных материалов предложено разрешить путем обеспечения в сопряжениях условий нормального изнашивания деталей за счет усиления электропластических и электрохимических процессов при их взаимодействии.

Ключевые слова: ресурс техники и смазочных масел, ремонт и эксплуатация двигателей, поршневые кольца, электролит, электрический ток, взаимная доводка деталей.

Проблема. Как известно, в комбайновых и автотракторных двигателях (КиАТД), которые являются источником энергии сложной сельскохозяйственной техники (ССГТ), используются самые разнообразные моторные масла – минеральные, частично синтетические и синтетические. Однако, в методиках выбора масел не установлены критерии предельного состояния масел в зависимости от конкретных условий эксплуатации двигателей и их технического состояния. Например, в работе [1] приводятся данные исследований влияния частоты доливов без учета взаимодействия масел с непрерывно изменяющейся средой и характером изнашивания деталей. В ней было установлено, что ресурс пяти испытуемых моторных масел, который определялся по их тепловой деструкции, не превышал 50 - 100 часов (рис. 1.) и только у одного из них – достигал 260 - 320 часов (см. кривые 4).

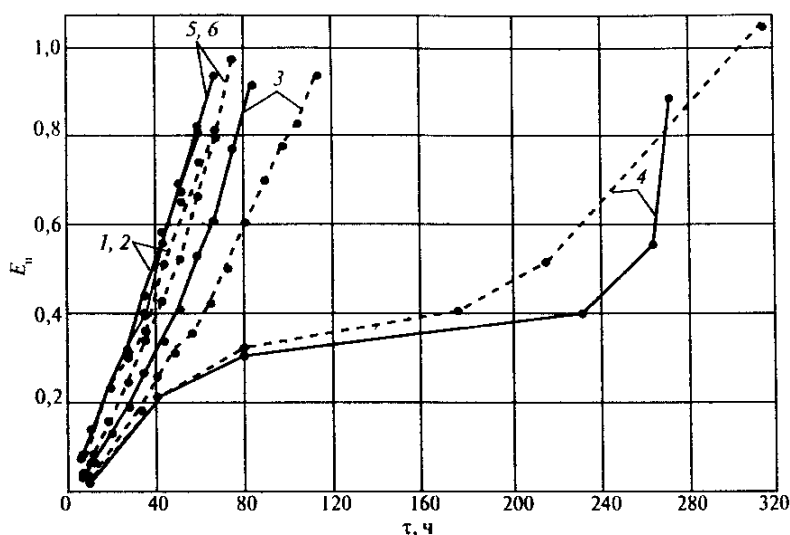


Рис. 1. Зависимость коэффициента тепловых преобразований E_n от времени τ испытания минеральных (кривые 1, 2) и синтетических (кривые 3-6) моторных масел, при температуре 180 °С (сплошные линии – без доливов и штриховые – с доливами) [1]

Из этих данных следует, что использование масел с ресурсом 50 - 100 часов в течение, как минимум, 250 мото-часов (требование системы планово-предупредительного технического обслуживания и ремонта), приводит к их перерасходованию и не способствует повышению качества отечественных двигателей.

Цель исследований. Оценить разработанные технологические процессы не обезличенного ремонта ССХТ, в плане обеспечения нормальных условий изнашивания деталей, которые позволят повысить ее качество и расширить допустимые сроки использования смазочных материалов.

Пути разрешения проблемы. Одним из перспективных направлений разрешения проблемы рационального использования ССХТ отечественного производства и горюче-смазочных материалов является использование альтернативных технологических процессов (АТП), с помощью которых, например, при не обезличенном ремонте КиАТД, в их сопряжениях исключается режим абразивного изнашивания (АИ) деталей и обеспечиваются условия нормального изнашивания (НИ) [2]. АТП включают в себя процессы контроля (дефектации), улучшения и комплектования деталей на группы в зависимости от их исходного качества, взаимной доводки (ВД) при сборке двигателей из узлов, сокращенной обкатки и технического обслуживания на протяжении многих циклов использования.

ВД проводится, начиная с первого контакта деталей в сопряжениях ЦПГ и КШМ, т. е. в процессе сборки двигателей из узлов, за счет пропуска через детали электрического тока и подачи в зазоры электролитов. После ВД деталей электролиты остаются в зазорах сопряжений и смешиваются с картерным маслом в процессе технологической обкатки двигателей. Исследования смазочных свойств масел в смеси с электролитами показали, что при смешивании водно-органических электролитов с моторным маслом М10Г2, его вторая критическая температура превышает 250°С, а коэффициент трения образцов в условиях граничного трения снижается до 0,05 [3]. При этом, в зоне контакта образцов (машина МАСТ-1) образуется весьма нестойкий гелеобразный осадок. В последующем, выделить его из объема с помощью отстаивания, центрифугирования или тонкого фильтрования не удавалось. При такой дисперсности продуктов деструкции обкаточное моторное масло считалось чистым (ГОСТ 17216-2001).

Эксплуатационные испытания отремонтированных с использованием АТП двигателей ММЗ и СМД показали, что в сопряжениях создаются условия НИ. При очень малой скорости изнашивания деталей в эксплуатации, оценку состояния масел можно проводить достаточно простыми, но эффективными методами [4].

В последнее время, для повышения ресурса поршневых колец некоторых двигателей, поверхность гальванического хрома покрывается тонким слоем полуды (Pb + Sn). При ВД таких колец водно-органические электролиты оказываются не эффективными – олово и свинец не растворяются на участках контакта, а окисляются и остаются на поверхностях в виде тонких и хрупких пленок. В связи с этим, для поиска приемлемых составов электролитов, по ранее разработанной методике [5], были проведены модельные исследования и натурные испытания двигателей.

Обоснование методики исследований. Режим НИ деталей в сопряжениях двигателей, в значительной мере, был достигнут благодаря ВД деталей на электролитах, которые хорошо сочетались с минеральными моторными маслами, например, типа М10Г2. Сочетание заключалось не только в том, что водно-органические электролиты полностью растворялись в масле, но также и в том, что высокодисперсные продукты электрохимического (ЭХ) съема, содержащиеся в

электролитах, не загрязняли масло, а способствовали блокированию или растворению, возникающих в процессе технологической обкатки, продуктов изнашивания. Как известно, для выделения из масел такого рода загрязнений применяются такие высокотехнологичные физико-химические методы очистки, как коагуляция, адсорбция, ионно-обменная очистка и селективное растворение. В связи с тем, что в при оценке качества деталей опытных двигателей, на их поверхностях не обнаруживались следы абразивного изнашивания, было признано, что коагуляция нано и пико дисперсных продуктов ЭХ съема, протекала самопроизвольно, ввиду особой способности нано частиц объединяться в конгломераты и кластеры. В процессе обкатки двигателей, при все возрастающих скоростях скольжения, температурах и давлениях (v , T , P), частицы ЭХ съема и продукты износа поверхностей (см. поз 4 на рис. 2, а), с одной стороны, блокировались гидрофобными частями молекул ПАВ, которые входят в состав масла, а с другой, вместе с радикалами R присадок, участвовали в формировании на поверхностях защитных пленок и ВС, см., соответственно, поз. 6 и 7.

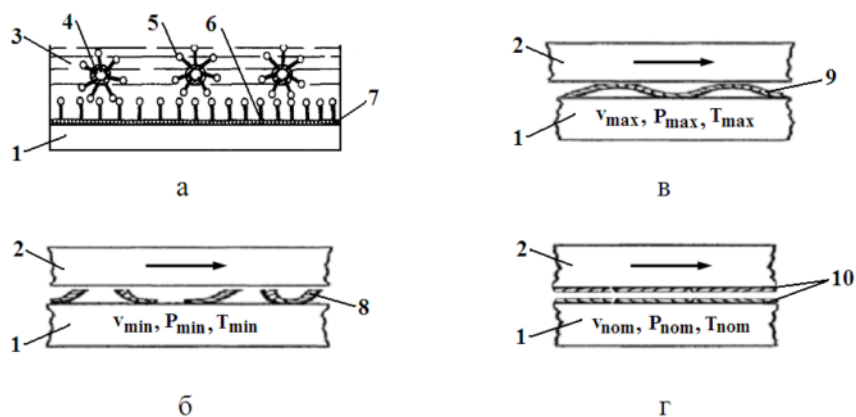


Рис. 2. Схемы действия ПАВ в статике (а) и в динамике (б - г): 1, 2 – сопряженные поверхности; 3 – электролит; 4 – рыхлые продукты ЭХ растворения; 5 – гидрофильная часть молекулы ПАВ; 6 – гидрофобная часть молекулы ПАВ (радикал R); 7 – плотные продукты ЭХ реакций и адсорбированные молекулы ПАВ; 8, 9, 10 – ВС

Растворенные продукты ЭХ съема, в виде окислов и гидроокислов алюминия, железа, хрома, соединений натрия и др. составляющих водно-органического электролита, могли располагаться в многочисленных порах и капиллярах ВС.

В процессе обкатки (в динамике), при большем числе прерывистости (ЧП) действия основных факторов (v , T , P), продукты съема могли расходоваться на модифицирование открытых (ювенильных) участков контактирующих деталей и образовывать зародыши ВС (см. поз. 8 на рис. 2, б). По мере поступления в зазор моторного масла и продуктов сгорания топлива, в тонких приповерхностных слоях сопряженных деталей могли образовываться пружинящие и жесткие ВС [6, 7] (см., соответственно, поз. 9 и 10 на рис. 2, в и г).

Учитывая изложенные особенности использования АТП, теоретические и технологические предпосылки, при выборе состава электролита для ВД колец покрытых полудой, в качестве образцов (машина трения СМЦ-2) использовались ролики из стали 40Х и колодочки из сплава АСМ со слоем полуды, вырезанные из вкладышей подшипников скольжения коленчатого вала. В качестве базового электролита использовался водный раствор солей (ВРС) NaNO_3 и NaCl с добавкой

ортофосфата натрия и лимонной кислоты (смесь обеспечивала буферирование кислотности среды в нейтральной и слабощелочной области). Опыты проводились с 3-х - 5-ти кратной повторностью, продолжительность одного опыта – 15 мин.

К ВРС добавлялся глицерин ($C_3H_8O_3$), а также ПАВ и ХАВ в виде смачивателя Св-102 ТУ 6-14-935-80 (2%) и 3-х % водного раствора синтетического моющего средства (СМС) типа «Лабомид-102». Как известно, СМС состоит из 50% кальцинированной соды или карбоната натрия Na_2CO_3 , 30% триполифосфата натрия $Na_5P_3O_{10}$, 16,5 % метасиликата натрия Na_2SiO_3 , или жидкого стекла. В состав СМС также входят такие ПАВ, как «Синтанол ДС-10», который представляет собой смесь оксиэтилированного спирта полиэтиленгликолевых эфиров с различным количеством оксиэтильных групп и величиною радикала $R = C_{10} - C_{18}$, с общей формулой $RO(CH_2CH_2O)_nH$, где $n = 8 - 10$ и алкилсульфат в виде смачивателя Св-102, который представляет собой раствор натриевой соли сульфоянтарной кислоты ($C_{20}H_{37}O_7SNa$) в воде с изопропанолом (ТУ 6-14-935-80). Объединенная формула Св-102 - $ROC(O)CH_2CH(COOR)SO_3Na-$, где $R = C_{10} - C_{18}$ [8]. Эти ПАВ являются высокоэффективными диспергаторами, эмульгаторами, а также, одновременно, деэмульгаторами, пенообразователями и пеногасителями. Они нетоксичны и характеризуются высокой растворимостью в органических веществах. Все эти вещества характеризуются сложной пространственной структурой (рис. 3).

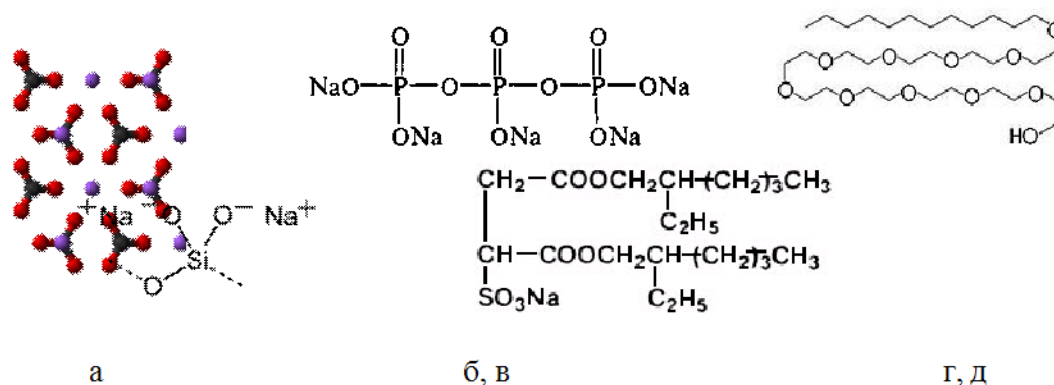


Рис. 3. Структура составляющих электролита: а) Na_2CO_3 ; б) $Na_5P_3O_{10}$; в) Na_2SiO_3 ; г) $RO(CH_2CH_2O)_nH$; д) $ROC(O)CH_2CH(COOR)SO_3Na-$

Как известно, при растворении ПАВ в маслах, за счет щелочных реакций гидрогенизации (рН 10-12), в зазорах соединений могут образовываться нанодисперсные продукты съема (химическая очистка масел). При обработке масел углеводородами, вещества, находящиеся в нем в коллоидном состоянии, выпадают в осадок (селективная очистка). Кроме поддержания щелочного баланса в масле, длинные боковые цепи азот-, фосфор-, серо-, и кремнийсодержащие соединения и полициклические углеводороды (см. рис. 3), могут улучшать его вязкостно-температурные свойства. При растворении этих веществ в картерном масле и в глицерине, который является основой электролитов I и II, ПАВ могут служить своеобразным строительным материалом при восстановлении и разрушении ВС [9].

Натурные исследования проводились на 3-х V-образных двигателях типа СМД 62/64. В каждом опыте, в них заменялись только вкладыши коренных подшипников коленчатого вала, гильзы цилиндров и поршневые кольца. У всех комплектов двигателей были использованы гильзы с термоциклированным пояском на зеркале

(вблизи ВМТ 1-х компрессионных колец) [7].

Первый комплект-двигатель (контрольный) был испытан на режиме холодной обкатки в течение 25 мин, в полностью собранном состоянии (типовая технология ГОСНИТИ). 20 минут он прокручивался без компрессии и 5 мин – с компрессией (соответственно, без форсунок и с вкрученными форсунками). В зазоры подшипников скольжения коленчатого вала под давлением 0,1- 0,4 МПа подавалось моторное масло М10Г2.

У двух опытных двигателей, с торцов блока, напротив 4-6 ЦПГ, подключался переменный электрический ток. В результате считалось, что детали 1-3 ЦПГ доводились при нулевой силе тока (без тока), но под общим напряжением, т.к. левый и правый ряды цилиндров были в одном блоке, т.е. электрически не изолировались. В связи с тем, что клапанные головки не устанавливались, в надпоршневое пространство каждой гильзы однократно заливалось по 600 мл электролита. Во 2-й комплект-двигатель подавался электролит II, а в 3-й – горячий (70 – 75 °С) 3-х % водный раствор СМС типа «Лабомид-102». ВД проводилась в течение 5 мин.

Результаты исследований. Как следует из данных табл.1, ВД образцов в ВРС, сопровождалась самопроизвольным ростом силы тока и снижением напряжения (это условно показано стрелками «→» и «←»).

Таблица 1. Результаты ВД образцов

№	Электролит	S _к , %	Сила тока, А	Рабочее напряжение, В	Съем, мг/см ² · мин	
					ролика	колодочки
1	ВРС	100	→ 2,00	← 1,95-1,70	0,055	0,68
2	ВРС + 30 % C ₃ H ₈ O ₃	100	← 2,00	→ 0,75-2,25	0,030	2,40
3	ВРС + 30 % C ₃ H ₈ O ₃ + 2,0 % Св-102	100	← 2,00	→ 4,75-6,25	0,045	1,89
4	ВРС + 30 % C ₃ H ₈ O ₃ + 15 % СМС	100	← 2,00	→ 1,70-1,75	0,069	3,75

Такой ход ВД свидетельствовал о большей окислительной и защитной способности ВРС. Однако, при этом поверхностные слои сплава АСМ были разрушены механически (трещины и следы абразивного изнашивания).

Самопроизвольный рост рабочего напряжения и снижение силы тока при ВД образцов на электролитах по п. 2 – 4, были обусловлены повышением вязкости ВРС в связи с добавкой глицерина. Это привело к увеличению электрохимического съема сплава АСМ – площадь контакта имела следы ЭХ травления. Добавка смачивателя Св-102 к электролиту (см. п. 3 табл.1) привела к некоторой защите сплава АСМ – его съем уменьшился, однако рабочее напряжение возросло до электроэрозионно опасных (пред пробойных) значений. ВД образцов в электролите с СМС (см. п. 4), характеризовалась наименьшей электрической напряженностью и наибольшим съемом материала колодочки. Однако, характер изнашивания образцов был таким же, как и в ВРС.

Результаты ВД луженных поршневых колец приведены в табл. 2. При холодной обкатке контрольного двигателя (см. двигатель 1, табл. 2). максимальная скорость

изнашивания поршневых колец составляла 2,82 мг/мин, а минимальная – 0,81 мг/мин. При этом на поверхностях деталей наблюдались следы АИ.

Скорость изнашивания поршневых колец (4,68 - 1,94) мг/мин в 1-3 ЦПГ у опытного двигателя 2 (без тока, но под напряжением 0,65 В), вероятно, была обусловлена большей частью механической (окислительной) составляющей изнашивания, так как, водная составляющая электролита II содержала 10 % нитрита натрия, который является известным пассиватором и ингибитором трения. В это же время, скорость изнашивания поршневых колец в 4-6 ЦПГ (ток 250 А, напряжение 0,65В), была в 2-3 раза меньшей, чем в 1-3-й ЦПГ и составляла (2,90 - 0,70) мг/мин. Этот результат свидетельствовал об ином, например, электропластическом характере изнашивания отдельных глобулей гальванического хрома, которые выступали из под слоя полуды.

Таблица 2. Условия ВД и износ 1-х поршневых колец

Двигатель, (условия)	Износ колец в комплектах ЦПГ, мг						τ, мин
	1	2	3	4	5	6	
1, (ГОСНИТИ)	70,5	20,3	21,1	64,1	35,6	39,2	25
2, (электролит II)	Без тока (U = 0,65В)			I = 250А, U = 0,65В			5
	9,7	23,4	22,3	3,5	10,1	14,4	
3, (3% водн. р-р СМС)	Без тока (U = 1,50В)			I = 250А, U = 1,50В			5
	5,3	0,6	2,0	44,9	22,6	74,7	

При ВД поршневых колец с гильзами на водном растворе СМС(см двигатель 3, табл. 2), механическая, электропластическая и ЭХ составляющие процесса проявились особенно четко: в 1-3 ЦПГ, без тока, но под напряжением 1,50 В, скорость изнашивания была минимальной (вероятно, это результат действия карбоната, и соединений фосфора, кремния и серы, т.к., они являются известными защитниками металлов от коррозии и износа при трении); в 4-6 ЦПГ, при силе тока 250 А, скорость ЭХ съема была наибольшей – от 4-х до 15-ти мг/мин (очевидно, это результат синергетического и конкурирующего взаимодействия вышеупомянутых факторов и кислород-, водород- и серосодержащих радикалов ПАВ).

Выводы

1. В результате анализа теоретико-технологических предпосылок получена высокая воспроизводимость полученных результатов лабораторных исследований влияния основных факторов – состава электролита и электрического тока на ВД образцов пары трения ролик – частичный вкладыш, при ВД деталей в сопряжениях ЦПГ отремонтированных V-образных двигателей. 2. Исследованиями установлено, что изменяя состав электролитов, применяемых для взаимной доводки деталей в сопряжениях ЦПГ, можно управлять скоростью съема неэквидистантных участков поверхностей – достигать нанодисперсности продуктов изнашивания и не допускать абразивного изнашивания, что позволит расширить допустимые сроки использования смазочных материалов.

Список литературы:

1. Попов А. С. Ковальский Оценка влияния доливов на термоокислительную стабильность моторных масел / А. С. Попов, Б. И. Ковальский // Химия и технология топлив и масел. – 2009. - №5. – С. 50-52.
2. Болдар Л.Н. Науково-технологічні передумови формування системи

технічного обслуговування і ремонту техніки АПК України / Л.Н. Болдар, М.В. Брагінець, О. В. Козаченко // Міжнародн. зб. наук. праць «Прогресивні технології і системи машинобудування». – 2012. - Вип. 1, 2 (44). – С. 18-23.

3. Болдарь Л.Н. Разработка технологии электрохимико-механической приработки основных сопряжений автотракторных двигателей при их ремонте: дис. канд. техн. наук: спец. 05.20.03. / Болдарь Леонид Никифорович. – Кишинев, 1985. – 290 с.

4. Болдар Л.Н. Шляхи вирішення проблеми підвищення якості комбайнових і автотракторних двигунів для АПК України / Л.Н. Болдар // Наук. вісник ЛНАУ. Серія: Технічні науки. – 2011. – Вип. 29. - С. 119-139.

5. Болдарь Л.Н. Структурная жесткость составляющих среды при электрофизико-химической доводке сопряжений деталей ДВС / Л.Н. Болдарь // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: междунар. сб. науч. тр. - 2007. – Вип. 34. – С. 18-25.

6. Болдарь Л.Н. Визначення меж міцності і стійкості поршневих кілець відремонтованих тракторних двигунів / Л.Н. Болдарь // Проблеми надійності машин та засобів механізації с.г. виробництва. Вісник Харк. нац. техн. ун-ту с. г. ім. П. Василенко. – 2008. – Вип. 69. – С. 205-212.

7. Розробка технології прискореної обкатки тракторних двигунів з використанням ЕХМП основних з'єднань / Звіт по НДР. – Луганськ: ЛСГІ, 1994. – 97 с.

8. Моющие средства. Основы технологии производства и ремонта автомобилей [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://gendoocs.ru>.

9. Болдарь Л.Н. Моделирование условий формирования вторичных структур на поверхностях деталей основных сопряжений ДВС./ Л.Н. Болдарь, В.А.Тамазян // Научн. весник ЛНАУ. Серія: Технические науки. – 2011. – Вып. 29. – С. 150-162.

Надійшла до редакції 21.01.2013.

Л.Н. Болдар

**ШЛЯХИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМИ
РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ
ВІТЧИЗНЯНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ
ТЕХНІКИ І ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ
МАТЕРІАЛІВ**

Проблему раціонального використання вітчизняної сільськогосподарської техніки і паливно-мастильних матеріалів запропоновано вирішити шляхом забезпечення в сполученнях умов нормального зношування деталей за рахунок посилення електропластичних та електрохімічних процесів при їх взаємодії.

Ключові слова: ресурс техніки і мастильних матеріалів, ремонт і експлуатація двигунів, поршневі кільця, електроліт, електричний струм, взаємне доведення деталей.

L.N.Boldar

**WAYS OF SOLVING THE PROBLEM OF
THE RATIONAL USE OF DOMESTIC
AGRICULTURAL MACHINERY AND
COMBUSTIVE-LUBRICATING MATERIALS**

The problem of rational use of domestic agricultural machinery and combustive-lubricating materials is to be solved by providing the conditions in conjugations for normal wear of the parts due to the strengthening of electro pliability and electrochemical processes during their interaction.

Key words: resource of technology and lubricants, repair and maintenance of engines, piston rings, electrolyte, electric current, mutual machining of parts.