

Наглюк И.С.,
Левченко А.В.,
Наглюк М.И.,
Харьковский национальный
автомобильно-дорожный университет,
г. Харьков, Украина,
E-mail: isnagluk@ukr.net

**ИЗМЕНЕНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
МОТОРНЫХ, ТРАНСМИССИОННЫХ И
КОМПРЕССОРНЫХ МАСЕЛ В ЭКСПЛУАТАЦИИ**

УДК 621.017

Приведены результаты изменения трибологических свойств моторных, трансмиссионных и компрессорных масел в зависимости от наработки при эксплуатации автомобилей.

Ключевые слова: моторное, трансмиссионное, компрессорное масло, наработка, автомобиль, трибологические свойства.

Постановка проблемы. Высокие темпы роста количества автомобилей в перевозке грузов и пассажиров связаны со значительным потреблением топлива и смазывающих материалов. В условиях непрерывно растущих цен на нефть и нефтепродукты, особенно важную роль играет вопрос, о рациональном использовании моторных, трансмиссионных и компрессорных масел. Малые сроки эксплуатации масла приводят к необоснованному его перерасходу, большие к снижению эксплуатационной надежности и долговечности двигателя и агрегатов. Масло, работавшее в двигателе или агрегате, является носителем информации, о термодинамических, химических и трибологических процессах, происходящих как в цилиндрах, сопряжениях так и в смазочной системе. Изменение технического состояния элементов конструкции двигателя, агрегата при эксплуатации или возникновение неполадок в его работе в значительной мере отражается на состоянии масла. Работа автомобилей в различных условиях, а также влияние эксплуатационных и технологических факторов на срок службы масел обуславливает неодинаковую периодичность их смены.

Регламентированные сроки смены масел не всегда обоснованы ввиду применения двигателей и агрегатов различных моделей и модификаций, работающих в неодинаковых условиях эксплуатации. Масла, как правило, к сроку замены не исчерпывают запаса своих эксплуатационных свойств и могут работать дольше без снижения надёжности работы агрегатов. При достижении одним или несколькими показателями качества масла предельных значений происходит увеличение скорости изнашивания деталей, повышенные склонности масла к образованию нагара и лаковых отложений в двигателе, что в результате снижает надёжность, экологичность и экономичность автомобиля.

Анализ исследований и публикаций. В процессе эксплуатации автомобиля масло выполняет функции накопителя продуктов изнашивания и загрязнений, образующихся при работе двигателя или агрегата, а это приводит к изменению основных показателей качества масла, а также смазывающей способности масла. Из анализа литературы известно, что при испытании смазочного материала в лабораторных условиях, предпочтение отдаётся четырехшариковой машине трения (ЧШМ) ввиду простоты и высокой воспроизводимости эксперимента [1, 2, 3, 4], что связано с исключительно низким разбросом по размерам, твердости и химическому составу образцов (шариков). Данная методика стандартизирована и имеет широкое применение (ГОСТ 9490, ASTM D 2783, DIN 51350).

В работе [5] разработана методика количественной оценки удельной работы изнашивания с помощью ЧШМ. В зависимости от величины нагрузки, которая при испытаниях должна иметь фиксированное значение, параметр удельной работы изнашивания

определяет либо противоизносные свойства, либо противозадирные свойства смазочного материала.

В качестве энергетического интегрального критерия оценки трибологической характеристики смазочного материала в трибосистеме авторами [5] предлагается величина плотности энергии, затраченной на разрыв адгезионных мостиков и удаления единичного объема материала в процессе изнашивания, которая имеет сильную корреляцию с показателем износа $D_{и}$ ($r = 0,91$), в худшей степени с индексом задира $I_з$ ($r = 0,57$) и слабой корреляции между критической нагрузкой P_k ($r = 0,20$) и нагрузкой сваривания P_c ($r = 0,45$). Низкая корреляция между P_k и P_c объясняется тем, что указанные параметры учитывают только предел работоспособности противоизносных и противозадирных присадок, но не учитывают их скорость срабатывания. При этом можно судить о суммарной трибологической активности противоизносных и противозадирных присадок в моторном масле и скорости их срабатывания. У каждого эксплуатационного материала включая хладагенты (фреоны), есть область применения, регламентируемая международными нормативными документами. Исходя из этого, каждый производитель техники, в том числе такие автомобильные концерны как BMW, MB, VW, GM и др. разрабатывает конкретные требования к применению того или иного эксплуатационного продукта для своих систем кондиционирования воздуха в салоне автомобиля.

В руководстве по эксплуатации (техническому обслуживанию и ремонту) автомобилей, перечисленных производителей, как регламентирующем документе на проведение работ технического обслуживания, четко обозначены материалы и порядок проведения работ по обслуживанию систем кондиционирования. А именно: использование в качестве хладагента – фреона марки R 134a, в качестве смазочного материала – синтетических масел на основе сложных эфиров полиолов (POE) или полиалкилгликолей (PAG). Другие сочетания материалов (хладагентов других марок, а также, масел минеральной или полусинтетической основы) могут вызвать изменение смазывающих свойств масел и оказывать негативное влияние на надежность (безотказность и срок) эксплуатации агрегатов систем кондиционирования применяемых на автомобилях.

Цель работы. Целью работы является исследование изменения трибологических свойств моторных, трансмиссионных и компрессорных масел в агрегатах автомобиля при эксплуатации.

Материалы и результаты исследований. Большинство нормативных документов, в которых приведены физико-химические показатели, не имеют значений трибологической характеристики моторного масла и только в ГОСТ 12337-84 (моторные масла для дизельных двигателей) приведены эти значения для индекса задира, критической нагрузке и показателю износа. Среди физико-химических показателей трансмиссионных масел ГОСТ 23652-79, ТУ 38.1011238-89 приведен показатель трибологические свойства характеризуемый индексом задира, нагрузкой сваривания, критической нагрузкой и показателем износа [5].

Смазывающие (трибологические) свойства определялись по методу, изложенному в ГОСТ 9490. Показатель износа ($D_{и}$), характеризующий влияние противоизносных присадок в масле на износ трущихся поверхностей, определялся при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ и постоянной нагрузке 196Н (для моторных) и 392Н (для трансмиссионных) масел в течении 1 часа. Критическая нагрузка характеризует предел несущей способности поверхностно-активных веществ в смазочном материале и способность масла предотвращать возникновение задира трущихся поверхностей, а нагрузка сваривания характеризует предельную работоспособность противозадирных присадок в масле. Результаты испытаний моторных и трансмиссионных масел, встречающихся на рынках Украины представлены в табл. 1.

Таблица 1

Значения показателей качества смазывающей способности моторных и трансмиссионных масел

Марка моторного масла	Классификация по SAE	Группа по API	Ди, мм	Рк, Н	Рс, Н
Castrol Magnatec	5W-40	SM/CF	0,34	1039	1646
Castrol SYNTEK	5W-50	SM/CF	0,3	1098	2323
Shel Helix Plus	10W-40	CF-4/SH	0,31	1568	3283
Castrol Magnatec	10W-40	SJ/SL/CF	0,28	1098	2195
Mobil Delvac MX	15W-40	CI-4/SL	0,29	1098	2323
XADO Atomic	15W-40	SL/CI-4	0,3	1098	2323
Valvoline	75W-90	GL-4	0,36	1235	4174
XADO Atomic	80W-90	GL-3/4/5	0,33	1166	4136

Анализируя не работавшие моторные и трансмиссионные масла по приведённым показателям можно отметить, что они имеют различные значения эффективности и работоспособности противоизносных и противозадирных присадок.

Для определения изменения смазывающих свойств моторных масел в эксплуатации были отобраны пробы масел с различной наработкой из двигателей нескольких автомобилей, работающих в карьере по перевозке руды.

Результаты испытаний на ЧШМ моторных масел взятых из двигателей автомобилей самосвалов Komatsu HD 1200 в зависимости от наработки на масле Essolube XT 401 SAE 15W-40 API CF-4 (№1 и №2) и на масле Mobil Delvac MX SAE 15W-40 API CI-4/SL (№3 и №4) представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний отработанного моторного масла

Показатель	Время работы автомобиля					
	Чистое масло	№ 1 (400 ч)	№ 2 (460 ч)	Чистое масло	№ 3 (555 ч)	№ 4 (500 ч)
1. Смазывающие свойства определяемые на ЧШМ:						
- критическая нагрузка (Рк), Н	1235	1098	1098	1098	735	735
- показатель износа (Ди) при нагрузке 196Н, мм	0,39	0,59	0,48	0,29	0,33	0,39
- нагрузка сваривания (Рсв), Н	2450	2323	2195	2323	2195	2195

При замене отработанного моторного масла Essolube XT 401 SAE 15W-40 произошло незначительное снижение его критической нагрузки с 1235Н до 1098Н составило 11%, нагрузки сваривания с 2450Н до 2323Н в автомобиле №1, с 2450Н до 2195Н в №2 составило 5,2% и 11,4%, увеличение показателя износа с 0,39 до 0,59 составило 51,3%.

В отработанном моторном масле Mobil Delvac MX SAE 15W-40 снижение критической нагрузки с 1098Н до 735Н составило 33%, нагрузки сваривания с 2323Н до 2195Н составило 5,5%, увеличение показателя износа с 0,29 до 0,39 составило 34,5%.

Трансмиссионное масло XADO Atomic SAE 80W-90 API GL-3/4/5 проработало в заднем мосту автомобиля MAN 120 тыс. км снижение критической нагрузки с 1166Н до 921Н составило 21%, нагрузки сваривания с 4136Н до 3479Н составило 15,9%, увеличение показателя износа с 0,33 до 0,5 составило 51,5%. Для исследования изменения смазочных свойств синтетического компрессорного масла при заправке кондиционера разными марками хлада-

гента во время эксплуатации автомобиля. Были взяты несколько образцов отработанного синтетического компрессорного масла Planetelf ACD 100 FY фирмы Total, которое работало с хладагентом R 134a фирмы San Mei (образец № 1) и со смесью хладагентов R134a, R142b и R 22 (R134a -18,2%, R142b-15%, R22-66,8%) образец № 2 в одних условиях и одинаковое время. Результаты испытаний представлены в табл. 3.

Таблица 3

Изменение трибологических характеристик синтетического компрессорного масла Planetelf ACD 100 FY фирмы Total при работе с разными хладагентами

Показатели	Образец №1	Образец №2	Нормативный документ, ГОСТ
1. Трибологические характеристики при температуре (20 ± 5) °С определяемые на ЧШМ:			
- критическая нагрузка (P _к), Н	657	588	9490
- показатель износа (D _и) при постоянной нагрузке 196 Н, мм	0,27	0,76	

Выводы. Полученные результаты изменения показателей, характеризующих трибологические свойства работавших моторных (Essolube XT 401 SAE 15W-40, Mobil Delvac MX SAE 15W-40) и трансмиссионного масла (XADO Atomic SAE 80W-90 API GL-3/4/5), при работе в технически исправных агрегатах, на момент смены свидетельствуют о незначительном ухудшении эффективности действия противозадирных и противоизносных присадок.

При работе синтетического компрессорного масла Planetelf ACD 100 FY со смесью хладагентов R134a, R142b и R22 происходит ухудшение смазочных свойств, снижение критической нагрузки (P_к) на 10,5% и увеличение показателя износа (D_и) в 2,8 раза за 1 час работы по сравнению с маслом работающего с хладагентом R 134a. Данные показатели в процессе дальнейшей работы системы кондиционирования будут только ухудшаться.

Эксплуатация компрессорного оборудования на синтетическом компрессорном масле Planetelf ACD 100 FY со смесью хладагентов R134a, R142b и R22 не желательно, так как это вызывает резкое снижение смазочных свойств и ресурса узлов системы кондиционирования, что приводит к быстрой потере работоспособности и отказу оборудования системы.

Литература:

1. Костецкий Б.И. Поверхностная прочность материалов при трении. - Киев: Техника. – 1976. – 292 с.
2. Розенберг Ю.А. Перспективы стандартизации средств и методов трибологических испытаний смазочных масел // В сб.3. Тезисы докладов секции «Методы и средства трибологических характеристик материалов». – Москва.: Изд-во стандартов. – 1975. – 150 с.
3. Буяновский И.А. Методы и средства трибологических испытаний // Химия и технология топлив и масел. – 1994. – №3. – С.29-40.
4. Наглюк И.С. Изменение трибологических свойств моторных и трансмиссионных масел при эксплуатации / И.С. Наглюк // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля: наук. журнал. – Луганськ, 2010. – №6(148). – С. 135–138.
5. Войтов В.А., Левченко А.В. Особенности методики подбора моторного масла к двигателям внутреннего сгорания. Структура и обоснование методики // Проблемы трибологии. – 2000. – №2. – С.154-157.

Summary

I. Nahliuk, A. Levchenko, M. Nahliuk Changes in the tribological properties of motor, transmission and compressor oils during operating

The results of variation of tribological properties of the motor and, transmission and compressor oils, depending on the operating time when operating vehicles.

Lubricating (tribological) properties were evaluated using the wear index, which characterizes the effect of antiwear oil additives on the wear of friction surfaces. The wear was determined at a temperature of (20 ± 5) °C and a constant load of 196N (for motor oils) and 392N (for transmission oils) in flow 1h. The critical load characterizes the limit of the bearing capacity of surfactants in the lubricant material and the ability of the oil to prevent the scuffing of friction surfaces, and the welding load characterizes the maximum performance of the oil EP additives. When the used engine oil Essolube HT 401 SAE 15W-40 was replaced, its critical load decreased from 1235N to 1098N, it was 11%. The welding load decreased in the car No.1 from 2450N to 2323N, it was 5.2%, in the car No. 2 from 2450N to 2195N, it was 11.4%. There was also an increase in the wear index from 0.39 to 0.59, it was 51.3%. In used engine oil Mobil Delvac MX SAE 15W-40, the critical load reduction from 1098H to 735H was 33%, the welding load from 2323H to 2195H was 5.5%, the increase in the wear index from 0.29 to 0.39 was 34.5%. Transmission oil XADO Atomic SAE 80W-90 API GL-3/4/5 worked in the rear axle of the car MAN 120 thousand km. The reduction of the critical load from 1166H to 921H was 21%, the welding load from 4136H to 3479H was 15.9%, the increase in the wear index from 0.33 to 0.5 was 51.5%. When the synthetic compressor oil Planetelf ACD 100 FY is used with a mixture of refrigerants R134a, R142b and R22, the lubricating properties deteriorate progressively, the critical load is reduced by 10.5% and the wear index is increased by 2.8 times per 1 hour of operation in comparison with oil working with refrigerant R 134a. These indicators during the further operation of the air conditioning system will only worsen, this causes a sharp decrease in the lubrication conditions of the air conditioning units and leads to a rapid loss of efficiency and failure of the equipment of the system.

Keywords: motor oil, transmission oil, compressor oil, operating time, vehicle, tribological properties

References

1. Kostetskiy B.I. Poverkhnostnaya prochnost materialov pri trenii. - Kiyev: Tekhnika. – 1976. – 292 s.
2. Rozenberg Yu.A. Perspektivy standartizatsii sredstv i metodov tribologicheskikh ispytaniy smazochnykh masel // V sb.3. Tezisy dokladov sektsii «Metody i sredstva tribometrichekikh kharakteristik materialov». - Moskva.: Izd-vo standartov. – 1975. – 150 s.
3. Buyanovskiy I.A. Metody i sredstva tribologicheskikh ispytaniy // Khimiya i tekhnologiya topliv i masel. – 1994. – №3. – S.29-40.
4. Naglyuk I.S. Izmeneniye tribologicheskikh svoystv motornykh i transmissionnykh masel pri ekspluatatsii / I.S. Naglyuk // Visnik Skhidnoukraїnskogo natsionalnogo universitetu im. V. Dalya: nauk. zhurnal. – Lugansk. 2010. – №6 (148). – S. 135–138.
5. Voytov V.A. Levchenko A.V. Osobennosti metodiki podbora motornogo masla k dvigatelyam vnutrennego sgoraniya. Struktura i obosnovaniye metodiki // Problemy tribologii. – 2000. – №2. – S.154-157.