

УДК 629.017

**НАГЛЮК И.С., д.т.н., доцент,**  
*Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

## **ОЦЕНКА СВОЙСТВ МОТОРНЫХ МАСЕЛ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ САМОСВАЛОВ**

*Представлены результаты изменения основных показателей качества и относительной диэлектрической проницаемости моторных масел при их эксплуатации в двигателе. Установлена корреляционная зависимость между диэлектрической проницаемостью и некоторыми физико-химическими показателями качества масел.*

**Ключевые слова:** эксплуатация, моторное масло, автомобиль, показатели качества

### **Постановка проблемы**

Одной из основных проблем эксплуатации автомобилей на современном этапе развития автомобильного транспорта является проблема эффективности их использования. Особо важное место в решении этой проблемы занимают вопросы оптимального управления надёжностью автомобилей и их агрегатов, основанного на методах диагностирования и прогнозирования остаточного ресурса и срока смены масла [1,2]. Реализация ресурса, заложенного в двигателе или агрегате, возможна только при использовании смазочных материалов современного поколения, полностью соответствующих по эксплуатационным свойствам их конструкционным особенностям и условиям эксплуатации.

На сегодняшний день моторные и трансмиссионные масла являются одним из основных функциональных элементов силовых агрегатов, определяющим надёжность и эффективность их работы при эксплуатации транспортных машин. Качество масел и конструкция силовых агрегатов взаимосвязаны и дополняют друг друга. Постоянное совершенствование конструкции двигателей и агрегатов в направлении улучшения условий работы в них масел и повышения качества самого масла позволяет обеспечивать надёжную работу и снизить интенсивность изнашивания узлов трения силовых агрегатов.

Масло, работавшее в агрегате, является носителем информации о термодинамических, химических и трибологических процессах, происходящих как в сопряжении деталей, так и в смазочной системе. Изменение технического состояния элементов конструкции двигателя при эксплуатации или возникновение неисправностей в работе его систем в значительной мере отражается на состоянии моторного масла.

### **Анализ исследований и публикаций**

В процессе эксплуатации масло выполняет функции накопителя продуктов износа и загрязнений, образующихся при работе двигателя, а это приводит к изменению основных показателей качества масла. К основным видам загрязнений масел в процессе их эксплуатации в двигателе можно отнести органические (углеводородные) и неорганические (продукты изнашивания трущихся деталей).

Неорганические загрязнения попадают в масло вследствие механического износа трущихся деталей двигателя и представляют собой главным образом кварцы, полевые шпаты, оксиды металлов и металлические частицы [3,4].

Вопросы, связанные с заменой моторных масел по фактическому состоянию остаются актуальными и сегодня. Относительная диэлектрическая проницаемость ( $\varepsilon$ ) современных минера-

льных, полусинтетических и синтетических не работавших моторных масел может изменяться в пределах  $2,3 \div 2,6$  и зависит как от природы базового масла, так и от пакета вводимых присадок [4,5,6].

Относительная диэлектрическая проницаемость моторного масла является интегральным показателем и имеет корреляционную связь с коксуемостью –  $r = 0,8 \div 0,9$ ; с кислотным числом –  $r = 0,82 \div 0,86$ ; с содержанием воды –  $r = 0,29 \div 0,35$ ; с продуктами изнашивания –  $r = 0,83 \div 0,94$  [7].

### Цель статьи

Целью статьи является исследование изменения основных свойств и скорости поступления продуктов износа (железа) в моторное масло при эксплуатации автомобилей в одинаковых условиях.

### Материалы и результаты исследований

Ресурс двигателей в первую очередь определяется износом пар трения, составляющим 90% от всего количества факторов, влияющих на снижение ресурса. Для снижения отказов узлов трения силовых агрегатов во время эксплуатации необходимо своевременное обнаружение повышенного содержания продуктов изнашивания в моторном масле и устранение причин его возникновения. Концентрация продуктов изнашивания определялась с помощью фотоэлектрической установки МФС-7.

Скорость поступления продуктов изнашивания в масло является обобщающим показателем, характеризующим качество применяемого топлива, масла и техническое состояние двигателя, его систем и механизмов, а также нагрузочно-скоростные режимы работы автомобилей.

Исследования проводились на трех автомобилях-самосвалах Komatsu HD 1200, которые эксплуатировались в карьере на вывозке горной породы. Анализ образцов моторных масел, отобранных через определенное время работы, проводился в лаборатории по исследованию топлив и эксплуатационных материалов ХНАДУ.

В таблице 1, 2, 3 приведены результаты спектрального анализа продуктов износа и присадок, изменение диэлектрической проницаемости, скорости поступления продуктов износа (железа), смазывающих свойств и основных физико-химических показателей качества масла Mobil Delvac MX SAE 15W – 40 API CI-4/SL в зависимости от продолжительности его работы в двигателях самосвала Komatsu HD 1200.

Моторное масло Mobil Delvac MX SAE 15W-40 API CI-4/SL Komatsu HD 1200 (см. табл.1) имеет пробег 5444 км, диэлектрическая проницаемость  $\varepsilon = 2,4569$ . Скорость поступления железа в масло на литр израсходованного топлива – 0,043 мг/л.

Моторное масло в двигателе автомобиля №2 проработало 5456 км,  $\varepsilon = 2,4387$ . Скорость поступления железа в масло – 0,026 мг/л. В двигателе №3 моторное масло отработало 5400 км,  $\varepsilon = 2,4616$ . Скорость поступления железа в масло – 0,043 мг/л.

Наибольшего значения диэлектрическая проницаемость моторного масла достигает при работе в двигателе №3, а также к браковочному значению приблизилась температура вспышки – 208 °С, что свидетельствует о необходимости замены и невозможности дальнейшего применения этого масла без снижения эксплуатационной надежности двигателя.

Таблица 1

**Результаты спектрального анализа, значения  $\varepsilon$  и физико-химических показателей качества масла SAE 15W – 40 при его эксплуатации в двигателе №1**

Показатели	Чистое масло	№ 1		
		3103 км (316 ч)	3143 км (325 ч)	5444 км (555 ч)
1. Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с при 100°С	14,3	13,21	12,83	12,6
2. Щелочное число, мг КОН/г масла	7,76	6,8	6,7	6,07
3. Кислотное число, мг КОН/г масла	1,52	2,45	2,43	2,84
4. Зольность сульфатная, %	0,99	1,17	0,65	0,75
5. Температура вспышки в открытом тигле, °С	228	223	214	213
6. Температура застывания, °С	<-30	<-30	<-30	<-30
7. Массовая доля механических примесей, %	0,013	0,009	0,008	0,0071
8. Массовая доля воды, %	отсутс.	отсутс.	отсутс.	отсутс.
9. Смазывающие свойства, определяемые на ЧШМ:				
– индекс задира ( $I_z$ ), Н	444,2	367,4	359,2	354,9
– критическая нагрузка ( $P_{кр}$ ), Н	1098	823	735	872
– показатель износа ( $D_{и}$ ), мм	0,29	0,32	0,33	0,32
– нагрузка сваривания ( $P_{св}$ ), Н	2323	2323	2450	2195
10. Коксуемость, %	1,18	1,41	1,35	1,49
11. Диэлектрическая проницаемость	2,3923	2,4334	2,4334	2,4569
12. Индекс вязкости	140	137	136	136
13. Концентрация продуктов износа и наличие присадок:				
Zn, г/т	3,885	5,242	5,210	4,363
P, г/т	0,743	1,113	1,096	0,665
Mg, г/т	7,142	7,444	7,630	5,768
Fe, г/т	–	10	11	13
14. Скорость поступления железа в масло	мг/ч	3,84	4,11	2,85
	мг/км	0,39	0,43	0,29
	мг/л	0,058	0,063	0,043

**Результаты спектрального анализа, значения  $\varepsilon$  и физико-химических показателей качества масла SAE 15W – 40 при его эксплуатации в двигателе №2**

Показатели	Чистое масло	№ 2		
		3085 км (314 ч)	3593 км (414 ч)	5456 км (500 ч)
1. Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с при 100°С	14,3	13,26	13,21	13,4
2. Щелочное число, мг КОН/г масла	7,76	7,4	6,8	6,34
3. Кислотное число, мг КОН/г масла	1,52	2,45	2,58	2,91
4. Зольность сульфатная, %	0,99	1,19	0,6	1,16
5. Температура вспышки в открытом тигле, °С	228	218	212	212
6. Температура застывания, °С	<-30	<-30	<-30	<-30
7. Массовая доля механических примесей, %	0,013	0,018	0,011	0,008
8. Массовая доля воды, %	отсутс.	отсутс.	отсутс.	отсутс.
9. Смазывающие свойства, определяемые на ЧШМ:				
– индекс задира ( $I_z$ ), Н	444,2	363,9	377,5	383,8
– критическая нагрузка ( $P_{кр}$ ), Н	1098	872	823	921
– показатель износа ( $D_{и}$ ), мм	0,29	0,35	0,33	0,39
– нагрузка сваривания ( $P_{св}$ ), Н	2323	2323	2607	2323
10. Коксуемость, %	1,18	1,3	1,32	1,46
11. Диэлектрическая проницаемость	2,3923	2,4334	2,4370	2,4387
12. Индекс вязкости	140	137	137	137
13. Концентрация продуктов износа и наличие присадок:				
Zn, г/т	3,885	4,735	5,128	4,677
P, г/т	0,743	1,022	1,126	0,668
Mg, г/т	7,142	7,169	7,540	6,003
Fe, г/т	–	5	7	8
14. Скорость поступления железа в масло	мг/ч	1,93	2,05	1,94
	мг/км	0,2	0,24	0,18
	мг/л	0,029	0,035	0,026

Таблица 3

**Результаты спектрального анализа, значения  $\varepsilon$  и физико-химических показателей качества масла SAE 15W – 40 при его эксплуатации в двигателе №3**

Показатели	Чистое масло	№ 3		
		2352 км (261 ч)	3781 км (420 ч)	5400 км (500 ч)
1. Вязкость кинематическая, мм <sup>2</sup> /с при 100°С	14,3	12,67	12,2	11,7
2. Щелочное число, мг КОН/г масла	7,76	6,8	6,5	5,3
3. Кислотное число, мг КОН/г масла	1,52	2,13	2,52	2,55
4. Зольность сульфатная, %	0,99	1,24	0,78	0,88
5. Температура вспышки в открытом тигле, °С	228	221	214	208
6. Температура застывания, °С	<-30	<-30	<-30	<-30
7. Массовая доля механических примесей, %	0,013	0,011	0,0087	0,0068
8. Массовая доля воды, %	отсутс.	отсутс.	отсутс.	отсутс.
9. Смазывающие свойства, определяемые на ЧШМ: – индекс задира (И <sub>з</sub> ), Н – критическая нагрузка (Р <sub>кр</sub> ), Н – показатель износа (Д <sub>и</sub> ), мм – нагрузка сваривания (Р <sub>св</sub> ), Н	444,2 1098 0,29 2323	356,2 872 0,35 2323	436,5 980 0,34 2450	415,9 921 0,41 2195
10. Коксуемость, %	1,18	1,35	1,40	1,54
11. Диэлектрическая проницаемость	2,3923	2,4334	2,4479	2,4616
12. Индекс вязкости	140	136	136	136
13. Концентрация продуктов износа и наличие присадок:				
Zn	3,885	4,906	4,082	3,829
P	0,743	0,963	0,574	0,663
Mg	7,142	7,112	5,75	4,234
Fe, г/т	–	14	12	13
14. Скорость поступления железа в масло	мг/ч	6,51	3,47	3,16
	мг/км	0,72	0,39	0,29
	мг/л	0,11	0,057	0,043

### Выводы

Сроки замены моторных масел по пробегу или наработке, рекомендуемые заводом-изготовителем не всегда достаточно обоснованы. Основные физико-химические показатели качества масла не всегда достигают предельных значений при замене, и моторное масло пригодно к дальнейшей эксплуатации. В качестве комплексного показателя для экспресс-анализа можно использовать диэлектрическую проницаемость моторного масла. Зная скорость поступления продуктов изнашивания в масло (мг/л израсходованного топлива) при работе автомобиля в одинаковых условиях на маслах различных производителей, можно с большей достоверностью

говорить о работоспособности двигателя на этих маслах, сроках их замены и техническом состоянии систем и механизмов.

### Список литературы

1. Бажинов О.В. Надійність автомобільних поїздів: монографія / О.В. Бажинов, О.П. Кравченко. – Луганськ: вид-во «Ноулідж», 2009. – 412с.
2. Говорущенко Н.Я. Системотехника автомобільного транспорту (расчетные методы исследований): монография / Н.Я. Говорущенко. – Харьков: ХНАДУ, 2011. – 292с.
3. Венцель Е.С., Жалкин С.Г., Данько Н.И. Улучшение качества и повышение сроков службы нефтяных масел. – Харьков: УкрГАЗТ, 2003. – 168с.
4. Григорьев М.А., Бунаков Б.М., Долецкий В.А. Качество моторного масла и надежность двигателей. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 232с.
5. Григоров А.Б., Карножицкий П.В., Слободской С.А. Диэлектрическая проницаемость как комплексный показатель, характеризующий изменение качества моторных масел в процессе их эксплуатации // Вестник НТУ «ХПИ». – 2006. – №25. – С.169-175.
6. Григоров А.Б., Карножицкий П.В., Наглюк И.С. Изменение диэлектрической проницаемости дизельных моторных масел в эксплуатации // Автомобильный транспорт. – 2007. – №20. – С. 84-87.
7. Григоров А.Б., Наглюк И.С., Карнажицкий П.В. Браковочные показатели моторных масел и диэлектрическая проницаемость // XIV Научно-техническая конференция с международным участием “Транспорт, экология – устойчивое развитие”. – ЭКОВАРНА, 2008. – С.362-369.

### Наглюк І.С. Оцінка властивостей моторних олиф при експлуатації великовантажних самоскидів

*Анотація.* Представлені результати зміни основних показників якості і відносної діелектричної проникливості моторних олиф при експлуатації в двигуні. Встановлена кореляційна залежність між діелектричною проникливістю і деякими фізико-хімічними показниками якості олиф.

*Ключові слова:* експлуатація, моторна олива, автомобіль, показники якості

### Nahlyuk I.S. Estimation of quality of motor oils during exploitation heavy tippers

*Abstract.* The results of change of basic indexes of quality are presented and to the relative inductivity of motor oils at their exploitations are in an engine. Cross-correlation dependence is set between by inductivity and some physical and chemical indexes qualities of oils.

*Keywords:* exploitation, motor oil, vehicle, indexes qualities

Стаття надійшла до редакції 25.10.2014 р.