

УДК 665.7.035:[662.753.3 + 656.135

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ ЧАСТИЧНО СИНТЕТИЧЕСКИХ И СИНТЕТИЧЕСКИХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Зеер В.А., Биянов С.Д., Павин А.Ю.

ФГАОУ ВО «Сибирский Федеральный Университет», Красноярск, e-mail: zeer.vladimir@mail.ru, seregabiyani1991@mail.ru, tiksyra92@mail.ru

В статье представлены результаты исследований отработанных частично синтетических и синтетических масел, работающих в двигателях, по концентрации продуктов старения с применением фотометрического метода контроля и противоизносным свойствам. Для определения предельного состояния отработанных масел проводилась статистическая обработка результатов их фотометрирования. Это позволило построить кривые распределения степени загрязнения отработанных синтетических и частично синтетических моторных масел от количества проб. Кроме того, предложено оценивать состояние фильтрующих элементов масляной системы двигателя – по концентрации нерастворимых продуктов старения, а состояние цилиндропоршневой группы двигателя по испаряемости отработанных масел, термостатированных при температуре 180 °С. Контроль отработанных масел осуществлялся при отработке ими инструктивных сроков, рекомендованных заводами-изготовителями двигателей. Накопленные статистические данные по оптическим свойствам масел, их вязкости и концентрации общих, растворимых и нерастворимых примесей позволили построить графические зависимости распределения этих показателей от количества исследуемых машин и определить математическое ожидание значений этих показателей, при которых производилась замена масла у большинства машин.

Ключевые слова: коэффициент поглощения светового потока, коэффициент состояния фильтрующих элементов, смазочные материалы, моторные масла, эксплуатационные загрязнения, продукты старения

RESULTS OF WASTE PARTIALLY SYNTHETIC AND SYNTHETIC MOTOR OILS

Zeer V.A., Biyanov S.D., Pavin A.Y.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: zeer.vladimir@mail.ru, seregabiyani1991@mail.ru, tiksyra92@mail.ru

The article presents the results of studies fulfilled partially synthetic and synthetic oils in engines working at concentrations aging products using photometric method cal control and anti-wear properties. To determine the limit state reflected bot oils perform statistical analysis of the results of photometry. This allows it possible to build distribution curves of the degree of contamination of waste synthetic and partially synthetic motor oils on the number of samples. Also asked to assess the state of folder ating elements of the engine oil system at a concentration of insoluble aging products and the state of the engine cylinder and piston group on volatility used oil bath thermostat regulated at a temperature of 180 °C. Control of waste oils was carried out when developing their inst ruktivnyh terms recommended by the engine manufacturers. The accumulated statistical cal data on the optical properties of the oils, their viscosity and concentration of total soluble and nonproliferation soluble impurities allowed to construct a graph of the distribution of these indicators on the amount of the test machine, and is determined by the expectation values of these parameters under which a replacement of oil for most cars.

Keywords: absorption coefficient of the light flux, the state coefficient of filter elements-ing, lubricants, motor oils, operational pollution, aging products

От качества смазочных материалов зависят важнейшие показатели двигателей: долговечность, надежность, токсичность отработавших газов, топливная экономичность и т.д. Большинство показателей качества моторного масла можно определить только в специализированных лабораториях [5].

Появление на российском рынке высококачественных смазочных материалов как иностранных, так и отечественных производителей ставит задачу повышения эффективности их использования. Одним из направлений решения этой задачи является увеличение ресурса. Поэтому целью настоящей работы является обоснование возможности увеличения ресурса моторных масел

путём осуществления контроля за их состоянием в процессе эксплуатации двигателя.

Долговечность зависит от условий эксплуатации, режимов а также качества моторных масел, свойства которых изменяются в процессе эксплуатации.

Работа на непригодном масле вызывает износ деталей, а слив доброкачественного масла увеличивает себестоимость эксплуатации техники. В этом случае контроль состояния моторных масел является одним из важных направлений повышения не только эффективности их применения, но и в целом долговечности двигателей.

Существующая в настоящее время система определения ресурса моторных масел, которая регламентируется завода-

ми-изготовителями, имеет ряд существенных недостатков. Так как ресурс моторных масел, установленный в моточасах или километрах пробега, не позволяет учитывать индивидуальных условий эксплуатации, технического состояния двигателей внутреннего сгорания, систем смазки и охлаждения, качества самого масла, а также частоту доливов, все это снижает эффективность их использования. Замена же масел по фактическому их состоянию в настоящее время затруднена ввиду отсутствия средств контроля и обоснованного выбора показателей предельного состояния. Поэтому разработка средств и методов контроля является актуальной задачей, решение которой позволит повысить эффективность использования смазочных масел и снизить эксплуатационные затраты.

В процессе эксплуатации двигателя в моторном масле происходят изменения структуры и свойств. С этим важнейшее значение имеет контроль за состоянием масла в процессе эксплуатации двигателя. Испытания моторных масел различных базовых основ позволили установить различия в механизме старения и уточнить эффективный интервал замены, для этого отбирают пробы работавших масел, делят на две части, первую часть подвергают фото-

метрированию, определяют коэффициент поглощения светового потока, вторую часть пробы постоянной массы подвергают термостатированию с перемешиванием при температуре 180 °С, в течение 3 ч, фотометрируют, определяют коэффициент поглощения светового потока.

По разности между коэффициентами поглощения светового потока до и после центрифугирования определялась концентрация $K_{\text{нн}}$ нерастворимых продуктов старения масла [3]:

$$K_{\text{нн}} = K_{\text{п}} - K_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{п}}$ – концентрация общих продуктов старения; $K_{\text{пр}}$ – концентрация растворимых продуктов старения.

Анализ проб отработанных частично синтетических моторных масел прямым фотометрированием (табл. 1) показал, что их оптические свойства, оцениваемые коэффициентом поглощения светового потока, находятся в пределах от 0,17 до 0,51 ед. Это свидетельствует о том, что инструктивные сроки службы моторных масел не учитывают индивидуальных особенностей каждого конкретного двигателя.

В табл. 2 приведены результаты фотометрирования отработанных синтетических масел в количестве 20 ед.

Таблица 1

Результаты исследования отработанных частично синтетических моторных масел

№ п/п	Марка масла	Продолжительность работы масла, км	Концентрация продуктов старения		
			$K_{\text{п}}$	$K_{\text{пр}}$	$K_{\text{нн}}$
1	Zic A Plus 10W – 40 SL/CF	8000	0,23	0,11	0,12
2	Zic A Plus 10W – 40 SL/CF	16000	0,40	0,26	0,14
3	Zic A Plus 5W – 30 SL/CF	11500	0,51	0,29	0,22
4	Zic A Plus 10W – 40 SL/CF	8000	0,29	0,12	0,17
5	BP Visco 3000 10W – 40 SJ/CF	9000	0,33	0,19	0,14
6	BP Visco 3000 10W – 40 SJ/ CF	10000	0,19	0,12	0,07
7	BP Visco 3000 10W – 40 SJ/ CF	10700	0,17	0,11	0,06
8	BP Visco 3000 10W – 40 SJ/ CF	7000	0,17	0,13	0,04
9	Texaco Havoline Extra 10W·40 SJ/CF	8800	0,41	0,37	0,04
10	Texaco Havoline Extra 10W·40 SJ/CF	10000	0,27	0,12	0,15
11	Texaco Havoline Extra 10W·40 SJ/CF	9800	0,25	0,21	0,04
12	Texaco Havoline Extra 10W·40 SJ/CF	10000	0,33	0,15	0,18
13	Texaco Havoline Extra 10W·40 SJ/CF	12500	0,37	0,23	0,14
14	Ravenol HCS 5W – 40 SL/CF	10000	0,24	0,13	0,11
15	Ravenol TSI 10W – 40 SM/CF	10000	0,22	0,13	0,09
16	Ravenol TSI 10W – 40 SM/CF	11000	0,17	0,10	0,07
17	THK Супер 5W – 40 SL/CF	10000	0,24	0,10	0,08
18	ESSO Ultra 10W – 40 SJ/CF	6000	0,24	0,08	0,16
19	ESSO Ultra 10W – 40 SJ/CF	10000	0,29	0,11	0,18
20	ESSO Ultra 10W – 40 SJ/CF	6000	0,24	0,08	0,16

Таблица 2

Результаты исследования отработанных синтетических моторных масел

№ п/п	Марка масла	Продолжительность работы масла, км	Концентрация продуктов старения		
			$K_{\text{п}}$	$K_{\text{пр}}$	$K_{\text{пн}}$
1	Visco BP 5000 5W – 40 SJ/CF	5000	0,12	0,04	0,08
2	Visco BP 5000 5W – 40 SJ/CF	12000	0,29	0,15	0,14
3	Visco BP 5000 5W – 40 SJ/CF	9000	0,19	0,13	0,06
4	Mobil 1 Rally Formula 5W – 50 SJ/CF	9000	0,4	0,29	0,11
5	Mobil 1 Rally Formula 5W – 50 SJ/CF	11000	0,31	0,20	0,11
6	Mobil 1 Rally Formula 5W – 50 SJ/CF	10000	0,06	0,03	0,03
7	Mobil Synthetic 5W – 40 SJ/CF	8000	0,61	0,59	0,02
8	Castrol GTX Magnatec 5W – 40 SL/CF	8000	0,11	0,09	0,02
9	Castrol GTX Magnatec 5W – 40 SL/CF	10000	0,4	0,12	0,28
10	Castrol GTX Magnatec 10W – 40 SL/CF	10000	0,28	0,15	0,13
11	Castrol GTX Magnatec 10W – 40 SL/CF	20000	0,23	0,19	0,04
12	Castrol Formula RS 10W – 60 SL/CF	9000	0,13	0,09	0,04
13	Castrol TXT Softec Plus 5W – 30 SJ/CF	10000	0,21	0,12	0,09
14	Texaco Havoline Synthet. 5W – 40 SJ/CF	9000	0,31	0,09	0,22
15	Texaco Havoline Synthet. 5W – 40 SJ/CF	10000	0,54	0,28	0,26
16	ESSO Ultron 5W – 40 SL/CF	11500	0,51	0,25	0,26
17	ESSO Ultron 5W – 40 SL/CF	10500	0,35	0,15	0,2
18	ESSO Ultron 5W – 40 SL/CF	10000	0,17	0,01	0,16
19	Shell Helix Ultra 0W – 40 SL/CF	10000	0,18	0,10	0,08
20	Ravenol VSI 5W – 40 SM/CF	9171	0,26	0,11	0,15

Выбранные параметры испытания позволили сопоставлять результаты испытания исследуемых масел, работавших в двигателях различного технического состояния.

Концентрация нерастворимых продуктов старения находится в интервалах для частично синтетических масел от 0,04 до 0,22 ед., а синтетических – от 0,02 до 0,28 ед. Концентрация растворимых примесей, определяемая фотометрированием работавших масел после их центрифугирования, находится в интервалах: для частично синтетических масел от 0,08 до 0,37 ед., а синтетических – от 0,01 до 0,59 ед.

Вязкость работавших частично синтетических масел изменяется в интервалах от 8,11 до 15,17 мм²/с, а синтетических – от 9 до 17,6 мм²/с, тогда как вязкость для частично синтетических товарных масел составляет 14 мм²/с, а синтетических – от 11,8 до 24,4 мм²/с. Эти данные подтверждают несовершенство существующей системы замены масел по пробегу, так как не учитываются индивидуальные условия эксплуатации и техническое состояние двигателей, частота доливов из-за угара масла и состояние цилиндропоршневой группы, влияющей на скорость его старения, что подтверждает актуальность решаемой в работе задачи.

Основной целью данных исследований является обоснование показателя предельного состояния для частично синтетических и синтетических масел. Такая возможность объясняется тем, что значения концентрации общих, растворимых и нерастворимых продуктов старения находится в близких пределах. Это предположение подтверждается анализом результатов обоснования предельного значения по коэффициенту поглощения светового потока работавших частично синтетических и синтетических моторных масел (рис. 1). Как видно на рис. 1, значения концентрации общих, растворимых и нерастворимых продуктов старения совпадают для большинства проб частично синтетических и синтетических масел. Поэтому предельное значение концентрации общих продуктов старения работавших масел (рис. 1, а) принимается равным 0,3 ед., а с учётом допуска на 10 % составит от 0,3 до 0,325 ед.

Анализ представленных в табл. 1 и 2 результатов показывает, что из числа частично синтетических отработанных масел вышли за пределы установленного предельного значения – 8 проб, а из синтетических масел – 9 проб.

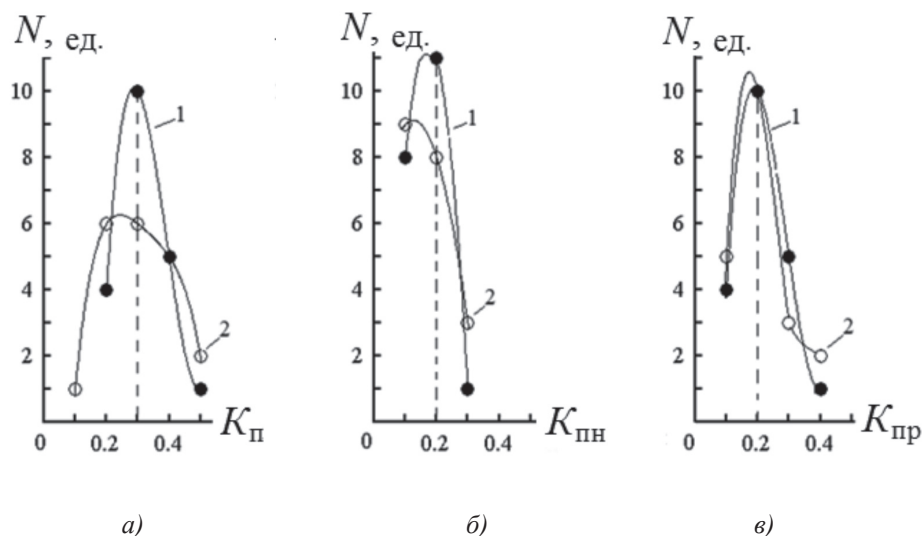


Рис. 1. Кривые распределения концентраций общих K_n (а), нерастворимых $K_{пн}$ (б) и растворимых $K_{пр}$ (в) продуктов старения отработанных масел: 1 – частично синтетические масла; 2 – синтетические масла

Для обоснования предельного состояния и решения задачи по замене масел необходимо учитывать концентрацию нерастворимых продуктов старения, так как она косвенно характеризует состояние фильтрующих элементов системы смазки двигателя. Согласно полученным данным (рис. 1, б) предельное значение исследуемых масел по концентрации нерастворимых продуктов находится в интервале от 0,2–0,22 ед., (с учётом допуска 10%).

Данные исследований представленных в табл. 1 и 2 результатов показывают, что принятое значение предельного состояния по концентрации нерастворимых продуктов превысили 3 пробы частично синтетических масел и 4 пробы – синтетических масел. Из представленных данных видно, что установленное предельное состояние масел по концентрации общих продуктов старения занижено. Для уточнения предельного состояния масел необходимо определить их сопротивляемость температурным воздействиям.

На рис. 2 представлена графическая модель определения предельного состояния отработанных частично синтетических (а) и синтетических (б) моторных масел с учётом результатов термостатирования при температуре 180 °С (кривая 2) в течение 3 ч по значению коэффициента поглощения светового потока, соответствующему точке пересечения кривых распределения до и после термостатирования.

Согласно полученным данным (рис. 2) после термостатирования при температу-

ре 180 °С, предельным состоянием по коэффициенту поглощения светового потока для отработанных частично синтетических и синтетических масел является значение коэффициента поглощения светового потока, равное 0,38 ед., а с учётом его изменения на $\pm 10\%$, установлен предел от 0,36 до 0,4 ед.

По результатам испытаний (табл. 1 и 2) установлено, что из 40 проб масел 5 проб переработали, 5 проб были заменены вовремя, а 30 проб недоработали до предельного состояния.

Важным эксплуатационным показателем любого смазочного материала является его испаряемость. Этот показатель характеризует не только экологические свойства, температурную область их применения, но и косвенно характеризует износ цилиндропоршневой группы. На рис. 3 представлены зависимости испаряемости G от времени и температуры испытания (180 ± 1 °С).

Установлено, что после 3 часов испытания интенсивность испарения моторных масел наибольшая и они различаются по этому показателю, что подтверждает влияние технического состояния цилиндропоршневой группы на испаряемость. Увеличение испаряемости можно объяснить попаданием в картер двигателя продуктов неполного сгорания топлива за счёт износа цилиндропоршневой группы, уменьшения концентрации вязкостной присадки [6].

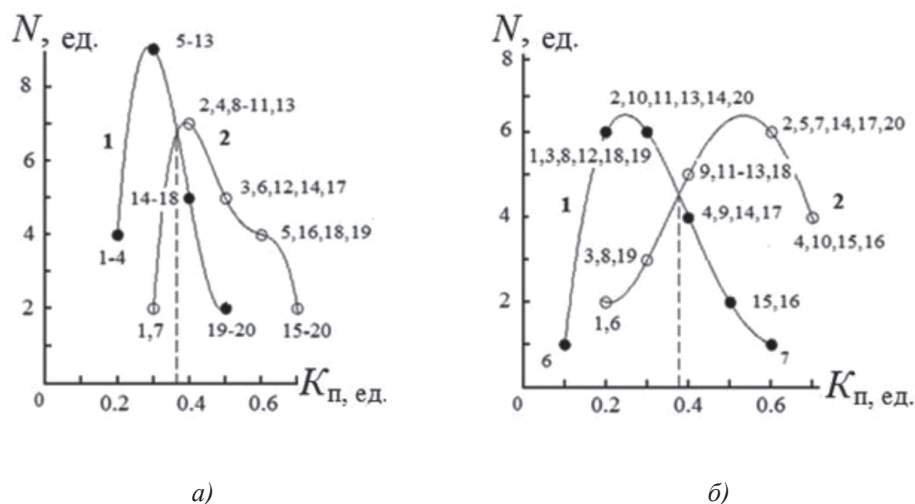


Рис. 2. Графическая модель определения предельного состояния отработанных частично синтетических (а) и синтетических (б) моторных масел: 1 – распределение исходных проб масел; 2 – распределение термостатированных проб масел в течение 3 часов

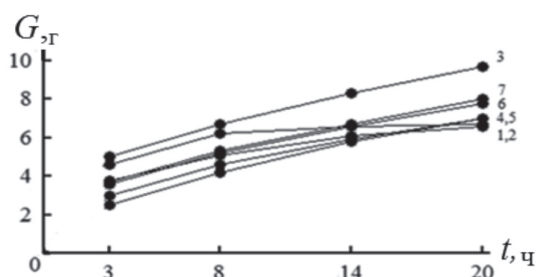


Рис. 3. Зависимости испаряемости от времени термостатирования отработавших частично синтетических моторных масел: 1 – Texaco Havoline Extra 10W-40 SJ/CF; 2 – Esso Ultra 10W-40 SJ/CF; 3 – Esso Ultra 10W-40 SJ/CF; 4 – Ravenol TSI 10W-40 SM/CF; 5 – BP Visco 3000 10W-40 SJ/CF; 6 – BP Visco 3000 10W-40 SJ/CF; 7 – Ravenol TSI 10W-40 SM/CF

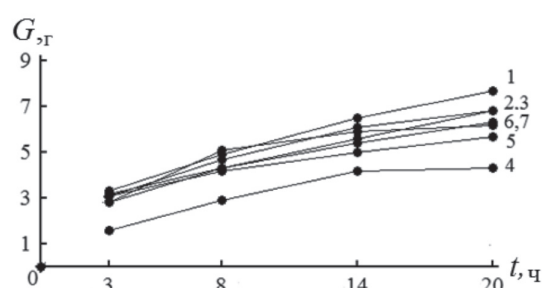


Рис. 4. Зависимости испаряемости от времени термостатирования отработанных синтетических моторных масел 1 – Esso Ultron 5W-40 SJ/CF; 2 – Esso Ultron 5W-40 SJ/CF; 3 – Castrol GTX Magnatec 10W-40 SL/CF; 4 – BP Visco 5000 5W-40 SL/CF; 5 – BP Visco 5000 5W-40 SL/CF; 6 – Texaco Havoline Synthetic 5W-40 SJ/CF; 7 – Texaco Havoline Synthetic 5W-40 SJ/CF

Кроме того, при сгорании топлива наряду с окислами азота и углерода образуется вода, которая может быть в эмульсионном или растворённом состоянии и оказывать влияние на величину показателя испаряемости [4].

Характерной особенностью зависимостей $G = f(t)$ является увеличение испаряемости отработанных масел после 3 ч термостатирования. Этот показатель для исследуемых масел колеблется от 1,6 до 3,3 г. Различия в массе испарившегося масла можно объяснить с одной стороны уменьшением вязкости отработанных масел, а с другой – концентрацией в нём продуктов неполного сгорания и топли-

ва и воды. Зависимости испаряемости от времени термостатирования отработанных синтетических моторных масел представлены на рис. 4. Наименее летучими являются синтетические моторные масла BP Visco 5000 5W-40 SL/CF (кривая 4) 4,3 г, BP Visco 5000 5W-40 SL/CF (кривая 5) 5,7 г. Поэтому есть основания утверждать, что в них присутствует малая концентрации продуктов неполного сгорания топлива и воды, а это указывает на хорошее техническое состояние цилиндропоршневой группы двигателя. Наиболее летучим является синтетическое масло Esso Ultron 5W-40 SJ/CF (кривая 1) 7,7 г, и Texaco Havoline Synthetic 5W-40 SJ/CF (кривая 2) 6,8 г. Чем больше испаряе-

мость, тем выше концентрация продуктов неполного сгорания топлива в масле, а значит, и степень износа цилиндропоршневой группы двигателя.

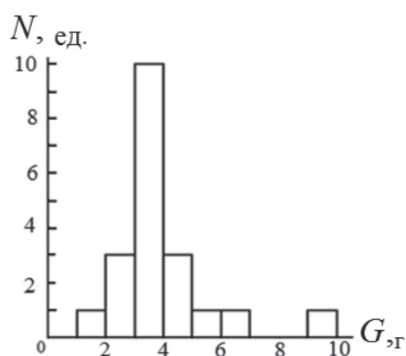
Испаряемость отработавших масел описывается уравнением регрессии второго порядка:

$$G = at^2 + bt + c, \quad (2)$$

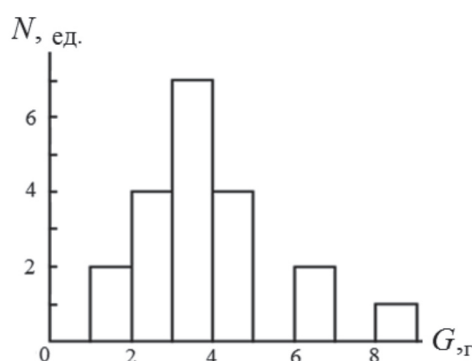
где a и b – коэффициенты, характеризующие склонность исследуемого масла к испарению; c – коэффициент, характеризующий концентрацию легких фракций в масле.

Результаты испытания партии отработанных частично синтетических масел показали, что их испаряемость изменяется от 1,8 до 9,9 г. Согласно представленным

данным гистограммы (рис. 6, а) у половины (10 ед.) проб масел испаряемость составила 4,0 г. Практическое применение термостатирования отработанных масел в течение 3 ч позволяет получить информацию о техническом состоянии цилиндропоршневой группы для парка машин и использовать её для плановых ремонтов двигателей. На рис. 6, б показано, что из 20 проб отработанных масел в 6 пробах испаряемость составила менее 4 г, в 7 пробах – 4 г, в 2 пробах – 7 г и в одной пробе 8 г. Данные результаты показывают, что данная информация позволяет оценить техническое состояние цилиндропоршневой группы двигателей и объективно планировать текущие ремонты.

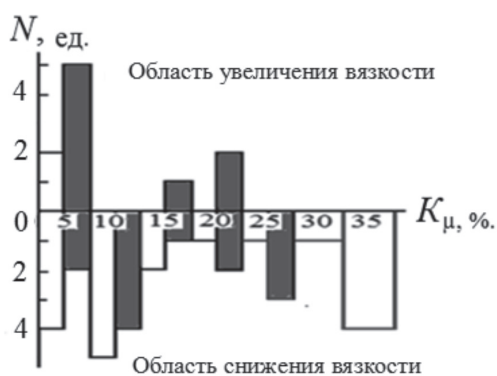


а)

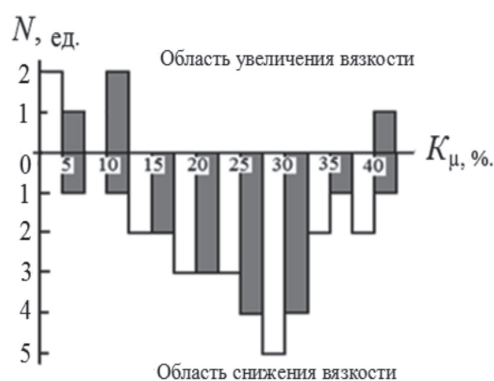


б)

Рис. 5. Гистограмма испаряемости отработанных: (а) частично синтетических и синтетических (б) моторных масел после окисления в течение 3 ч при температуре 180 °С



а)



б)

Рис. 6. Гистограммы изменения коэффициента относительной вязкости отработанных: а) частично синтетических и б) синтетических моторных масел по отношению к вязкости товарных масел:

□ – пробы исходных масел;

■ – пробы окисленных масел в течение 3 ч испытания при температуре 180 °С

Одно из важнейших свойств масла – вязкость, имеющая многостороннее эксплуатационное значение. От вязкости зависит режим смазки пар трения, отвод тепла от рабочих поверхностей и уплотнение зазоров, величина энергетических потерь в двигателе, его эксплуатационные качества, быстрота запуска двигателя, прокачивание масла по системе смазки, охлаждение трущихся деталей и их очистка от загрязнений. Вязкость масла, реагируя на изменение работоспособности систем двигателя, режимов работы, качества эксплуатационных материалов, уровня технического обслуживания, позволяет эксплуатационникам делать своевременные выводы о состоянии узлов и агрегатов автомобиля [5]. Вязкость следует учитывать в качестве показателя, характеризующего предельное состояние отработанных масел. Изменения вязкости исследуемого масла при окислении оценивалось коэффициентом относительной вязкости K_μ , определяемым выражением:

$$K_\mu = \mu_{\text{отр.}} / \mu_{\text{тов}}, \quad (3)$$

где $\mu_{\text{тов}}$ и $\mu_{\text{отр.}}$ – соответственно кинематическая вязкость товарного и отработанного масла, мм²/с.

Применение данного коэффициента позволяет определить изменение вязкости отработанных масел по отношению к товарному маслу и оценить процентное изменение. Результаты измерений вязкости отработанных моторных масел показали, что вязкость отработанных масел ниже вязкости товарных на 5–35%, а увеличение на 5% установлено в 2 пробах. Ряд авторов [1, 8] ресурс моторных масел рекомендуют оценивать изменением вязкости, причём – недопустимо увеличение вязкости работающего масла на 25% для бензиновых двигателей и на 35% – для дизельных двигателей. При снижении вязкости работавшего масла на 20% масло также необходимо заменить, так как нарушается режим жидкостного трения. Научное и практическое значение представляют исследования изменения вязкости при термостатировании отработанных частично синтетических моторных масел, так как синтетическая добавка по-разному влияет на этот показатель.

Результаты термостатирования 20 проб отработанных частично синтетических и синтетических масел показаны на рис. 6.

Вязкость работавших частично синтетических масел изменяется в интервалах от 8,11 до 15,17 мм²/с, а синтетических – от 9 до 17,6 мм²/с, тогда как вязкость для частично синтетических товарных масел составляет 14 мм²/с, а синтетических – от 11,8 до 24,4 мм²/с. Эти данные подтверждают несовершенство существующей системы заме-

ны масел по пробегу, так как не учитываются индивидуальные условия эксплуатации и техническое состояние двигателей, частота доливов из-за угара масла и состояние цилиндропоршневой группы, влияющей на скорость его старения, что подтверждает актуальность решаемой в работе задачи.

Процесс старения моторных масел в двигателе носит индивидуальный характер, поэтому для установления предельного состояния моторных масел следует учитывать условия и режимы эксплуатации, техническое состояние двигателя.

При разработке технологии определения предельного состояния работающих моторных масел принимались во внимание её простота в применении, достоверность и доступность для предприятий в сфере обслуживания транспортных средств, простота средств контроля [2].

Схема разработанной технологии определения предельного состояния работавших масел представлена на рис. 7, она предусматривает применение следующих средств контроля: прибора для определения оптических свойств, прибора для термостатирования, вискозиметра, центрифуги и электронных весов. Контроль отработанных масел осуществляется при отработке ими инструктивных сроков, рекомендованных заводами-изготовителями двигателей. При этом накапливаются статистические данные по оптическим свойствам масел их вязкости и концентрации общих, растворимых и нерастворимых примесей. На основании полученных данных строят графические зависимости распределения этих показателей от количества исследуемых машин, и определяется математическое ожидание значений этих показателей, при которых производилась замена масла у большинства машин.

Для определения остаточного резерва работающих масел использовались следующие средства контроля: прибор для термостатирования, вискозиметр и весы. Эти средства контроля позволяют установить сопротивляемость отработанных масел окислению, наличие топливных фракций и изменение вязкости.

Испытания проводятся в течение 20 ч, причём через каждые 3, 8, 14 и 20 ч отбираются пробы термостатированных масел для определения изменений оптических свойств, вязкости и летучести. На основании полученных данных строятся графические зависимости коэффициента поглощения светового потока от количества исследованных проб масел до и после термостатирования, и по точке их пересечения определяется предельное значение коэффициента поглощения светового потока, при достижении которого необходимо произвести замену испытанного масла.



Рис. 7. Схема определения и обоснования предельного состояния работающих моторных масел

Выводы

1. Разработан метод контроля предельного состояния моторных масел различных базовых основ с применением фотометрии, центрифугирования, термостатирования, позволяющий повысить эффективность использования смазочных материалов.

2. Анализ отработанных моторных масел различной базовой основы показал, что концентрация общих продуктов старения колеблется от 0,06 до 0,61 ед., нерастворимых – от 0,02 до 0,28 ед., растворимых – от 0,01 до 0,59 ед., вязкость изменяется в пределах от 8,11 до 24,4 мм²/с, что указывает на несовершенство существующей системы замены масел по пробегу автомобиля.

3. На основе статистической обработки результатов исследования отработанных моторных масел различной базовой основы обосновано предельное значение концентрации общих продуктов старения, определяемое фотометрическим методом.

4. Предложено оценивать состояние фильтрующих элементов масляной систе-

мы двигателя по концентрации нерастворимых продуктов старения, а состояние цилиндропоршневой группы двигателя по испаряемости отработанных масел термостатированных при температуре 180 °С.

Список литературы

1. Венцель С.В. Смазка двигателей внутреннего сгорания / С.В. Венцель. – М.: Машгиз, 1963. – С. 179.
2. Верещагин В.И. Технология определения предельного состояния работавших моторных масел / В.И. Верещагин, Б.И. Ковальский, Е.Г. Мальцева // Энергетика в глобальном мире: сб. тез. докл. первого международного научн. – технич. конгресса. – Красноярск: ООО «Версо», 2010. – С. 313.
3. Виноградов В.Г. Опыт исследования противоизносных свойств углеводородных смазочных сред / В.Г. Виноградов. // Методы оценки противоизносных и противоокислительных свойств смазочных материалов – М.: Наука, 1969. – С. 3–11.
4. Долгова Л.А., Жаткин С.А., Салмин В.В. Анализ параметров моторного масла и технических устройств, позволяющих контролировать процессы старения моторных масел // Молодой ученый. – 2015. – № 9. – С. 198–202.
5. Маркова Л.В. Современные требования к контролю работоспособности масла дизельного ДВС / Маркова Л.В., Мышкин Н.К. и др. // Трение и износ. 2002. – Т. 23, № 4. – С. 425–435.
6. Методика оценки ресурса моторных масел / В.И. Верещагин, Б.И. Ковальский, А.С. Попов // Вестник КрасГАУ. – 2007. – Вып. 6. – С. 169–174.

7. Скиндер Н.И. Портативный комплект средств / Н.И. Скиндер, Ю.А. Гурьянов // Химия и технология топлив и масел. – 2001. – № 1. – С. 38–41.

References

1. Vencel S.V. Smazka dvigatelej vnutrennego sgoranija / S.V. Vencel. M.: Mashgiz, 1963. pp. 179.

2. Vereshhagin V.I. Tehnologija opredelenija predelnogo sostojanija ra-botav-shih motornyh masel / V.I. Vereshhagin, B.I. Kovalskij, E.G. Malceva // Jenergetika v globalnom mire: sb. tez. dokl. pervogo mezhdunarodnogo nauchn. tehnic. kongressa. Krasnojarsk: OOO «Verso», 2010. pp. 313.

3. Vinogradov V.G. Opyt issledovanija protivovoiznosnyh svojstv uglevodorodnyh smazoch-nyh sred / V.G. Vinogradov. //

Metody ocenki protivozadirnyh i protivovoiznosnyh svojstv smazochnyh materialov M.: Nauka, 1969. pp. 3–11.

4. Dolgova L.A., Zhatkin S.A., Salmin V.V. Analiz parametrov motornogo masla i tehniceskikh ustrojstv, pozvoljajushih kontrolirovat processy starenija motornyh masel // Molodoj uchenyj. 2015. no. 9. pp. 198–202.

5. Markova L.V. Sovremennye trebovanija k kontrolju rabotosposobnosti masla dizelnogo DVS / Markova L.V., Myshkin N.K. i dr. // Trenie i iznos. 2002. T. 23, no. 4. pp. 425–435.

6. Metodika ocenki resursa motornyh masel / V.I. Vereshhagin, B.I. Kovalskij, A.S. Popov // Vestnik KrasGAU. 2007. Vyp. 6. pp. 169–174.

7. Skinder N.I. Portativnyj kompleks sredstv / N.I. Skinder, Ju.A. Gurjanov // Himija i tehnologija topliv i masel. 2001. no. 1. pp. 38–41.