

*Евтюков Сергей Аркадьевич* – доктор технических наук, профессор ФГБОУ «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург, E-mail: evsa@online.ru

*Шиманова Анна Андреевна* – аспирант ФГБОУ «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург, E-mail: evsa@online.ru

*Ламажап Сылдыс Борисович* – преподаватель кафедры «Транспортно-технологические средства» ФГБОУ «Тувинский государственный университет», г. Кызыл, E-mail: Lamagap@yandex.ru

*Evtukov Sergei* – Professor, Doctor of Science, FGBOU "Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering", E-mail: evsa@online.ru

*Shimanova Anna* – graduate student of the St. Petersburg State University of Architecture and Construction, E-mail: evsa@online.ru

*Lamagap Syldys* – SeniorLecturer"Transport and technological resources", Tuvan state university, Kyzyl, E-mail: Lamagap@yandex.ru

УДК 62-5:621-43

## МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

*Ковальский Б.И., Шрам В.Г.*

*Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа,  
Красноярск*

## A METHOD OF MONITORING ENGINE OIL DURING THE OPERATION OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

*Kowalski B.I., Schram V.G.*

*Siberian Federal University, Institute of Oil and Gas*

Разработана методика контроля состояния моторных масел в процессе эксплуатации двигателей внутреннего сгорания с применением фотометра, вискозиметра, центрифуги и трехшариковой машины трения, позволяющая определить степень старения моторных масел, их вязкость, состав продуктов старения, противоизносные свойства и прогнозировать триботехнические параметры работавшего масла.

**Ключевые слова:** коэффициенты поглощения светового потока и относительной вязкости, концентрация растворимых и нерастворимых продуктов старения, противоизносные свойства, критерий противоизносных свойств.

The technique of monitoring motor oils in the operation of internal combustion engines using a photometer, viscometer, centrifuge machines three-ballpoint friction, which allows the determination of the degree of aging of motor oil, the viscosity, the composition of the products of aging, anti-wear properties and to predict the tribological parameters of used oil.

**Keywords:** absorption coefficients of the light flux and the relative viscosity, the concentration of soluble and insoluble products of aging, anti-wear, anti-wear test.

В практике эксплуатации двигателей внутреннего сгорания ресурс моторных масел устанавливается заводами-изготовителями по пробегу или наработке в часах. В этой связи представляет научное и практическое значение исследование влияния зимних и летних условий эксплуатации техники на процессы старения моторных масел.

Методика исследования заключалась в периодическом отборе проб работающих моторных масел массой 50 г из прогретого двигателя с помощью специального шприца с последующим их фотометрированием и определением коэффициента поглощения светового потока, измерением кинематической вязкости (при температуре 100 °С), центрифугированием с повторным фотометрированием и определением концентраций растворимых и нерастворимых продуктов старения, испытанием на трехшариковой машине трения со схемой «шар-цилиндр» для определения противоизносных свойств.

Зимние испытания проводились с ноября по апрель, летние – с апреля по август месяцы. Испытывалось всесезонное синтетическое моторное масло Mobil 1 New Life 0W-40 SN/SM/SL/SJ, предназначенное для бензиновых двигателей.

На рис. 1а приведены зависимости коэффициента поглощения светового потока, характеризующего концентрацию общих продуктов старения от пробега автомобиля.

Зимние испытания начаты после пробега автомобиля 7,6 тыс. км и продолжались до пробега 15,2 тыс. км (кривая 1), летние испытания продолжались в соответствии с инструктивным пробегом (10,0 тыс. км) (кривая 2). Показано, что при пробеге автомобиля  $\approx 7,0$  тыс. км оптические свойства синтетического масла практически не зависят от климатических условий, однако при пробеге больше 7,0 тыс. км концентрация общих продуктов старения масла увеличивается более интенсивно в зимний период эксплуатации (кривая 1).

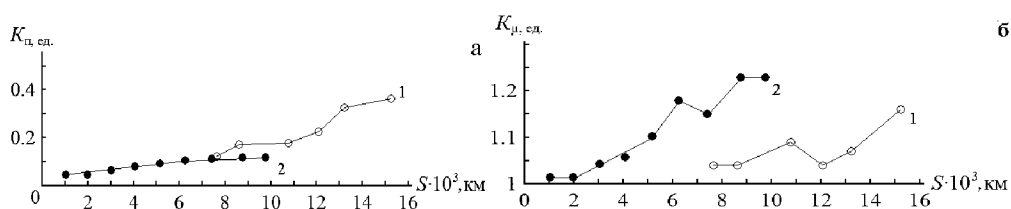


Рис. 1. Зависимости коэффициентов поглощения светового потока (а) и относительной вязкости (б) при старении синтетического моторного масла Mobil 1 New Life 0W-40 SN/SM/SL/SJ в двигателе от пробега автомобиля: 1 - зимний цикл; 2 – летний цикл

Изменение вязкости масла оценивалось коэффициентом относительной вязкости  $K_{в}$ , определяемым отношением вязкости работающего масла к вязкости товарного. Согласно данным (рис. 1б), вязкость масла в летний период эксплуатации (кривая 2) увеличивается более интенсивно, чем в зимний период (кривая 1). Так, за инструктивный период эксплуатации в летний период она увеличилась на 23 %, в зимний период на 16 % при пробеге 15,2 тыс. км.

Допустимое увеличение вязкости по литературным данным установлено в пределах 30-35 %.

Состав продуктов старения исследовался по концентрациям в работающем масле растворимых и нерастворимых продуктов путем их центрифугирования (частота вращения ротора 8,0 тыс. об./мин.) (рис. 2). Концентрация растворимых продуктов старения, выраженная коэффициентом поглощения светового потока  $K_{пр}$ , при фотометрировании отцентрифугированных проб (рис. 2 а) не превышает значения  $K_{пр} = 0,1$  ед. в течение инструктивного срока эксплуатации (10,0 тыс. км) и не зависит от климатических условий. Однако при увеличении срока эксплуатации выше инструктивного наблюдается увеличение концентрации растворимых продуктов старения.

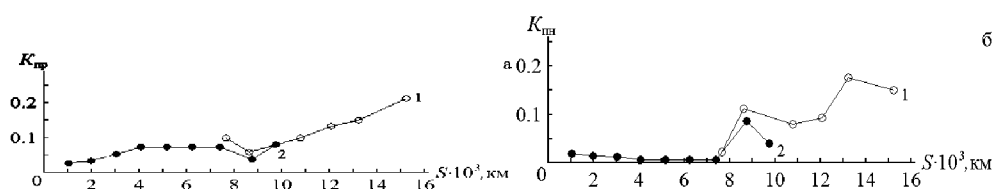


Рис. 2. Зависимости концентрации растворимых  $K_{пр}$  (а) и нерастворимых  $K_{нн}$  (б) продуктов старения синтетического моторного масла Mobil 1 New Life 0W-40 SN/SM/SL/SJ в двигателе от пробега автомобиля: 1- зимний цикл; 2 – летний цикл

Концентрация нерастворимых продуктов старения  $K_{нн}$ , определялась разностью

$$K_{нн} = K_{п} - K_{пр}, \tag{1}$$

где  $K_{п}$  – концентрация общих продуктов старения;  $K_{пр}$  – концентрация растворимых в масле продуктов старения.

Установлено (рис. 2 б), что концентрация нерастворимых продуктов старения синтетического моторного масла до 7,5 тыс. км пробега находится на низком уровне  $K_{нн} < 0,02$  ед. и не зависит от климатических условий эксплуатации. Дальнейшая эксплуатация двигателя приводит к увеличению коэффициента  $K_{нн}$ , который более интенсивно увеличивается при зимних условиях эксплуатации (кривая 1). Увеличение концентрации нерастворимых продуктов старения вызвано снижением производительности системы фильтрации.

Для оценки соотношения между продуктами старения моторного масла введен коэффициент  $K$ , определяемый выражением

$$K = K_{пр}/K_{нн}. \tag{2}$$

Согласно данным (рис. 3), соотношения между концентрациями растворимых  $K_{пр}$  и нерастворимых  $K_{нн}$  продуктов старения сильно зависит от климатических условий. Так, в начале эксплуатации двигателя на вновь залитом масле, в основном, увеличивается концентрация растворимых продуктов старения. В дальнейшем по мере снижения производительности фильтрующих элементов увеличивается концентрация в масле нерастворимых продуктов старения из-за чего коэффициент соотношения  $K$  уменьшается.

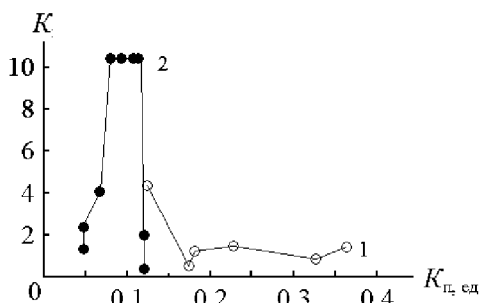


Рис. 3. Зависимости коэффициента соотношения состава продуктов старения работающего синтетического моторного масла от коэффициента поглощения светового потока:  
1- зимний цикл; 2 – летний цикл

Противоизносные свойства работающих масел оценивались по среднеарифметическому значению диаметров пятен износа на трех шарах. Параметры трения составляли: нагрузка 13Н, скорость скольжения 0,68 м/с, температура масла в объеме составляла 80°С и в процессе испытания поддерживалась автоматически, время испытания 2 часа.

Согласно данным (рис. 4), в начале эксплуатации двигателя на вновь залитом масле противоизносные свойства синтетического масла понижаются по сравнению с товарным маслом (точка на ординате) за счет приспособляемости масла к условиям эксплуатации. В дальнейшем при увеличении концентрации нерастворимых продуктов старения и определенном пробеге противоизносные свойства повышаются и даже превышают противоизносные свойства товарного масла. Летние условия эксплуатации обеспечивают более быстрое наступление периода повышения противоизносных свойств (кривая 2). Показано, что увеличение пробега выше нормативного не вызывает понижения противоизносных свойств работающих масел, более того, они превышают противоизносные свойства товарного масла.

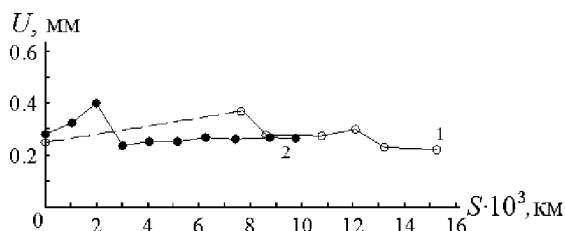


Рис. 4. Зависимости диаметра пятна износа от пробега автомобиля, работавшего на синтетическом моторном масле Mobil 1 New Life 0W-40 SN/SM/SL/SJ от пробега автомобиля:  
1 - зимний цикл; 2 – летний цикл

Влияние продуктов старения на противоизносные свойства синтетического масла исследовалось зависимостью диаметра пятна износа от концентрации

общих продуктов старения в масле, выраженной коэффициентом поглощения светового потока  $K_{п}$  (рис. 5а).

Установлено, что в начале эксплуатации двигателя на вновь залитом масле его противоизносные свойства понижаются, при этом климатические условия влияют на величину износа и концентрацию общих продуктов старения. Так, в летний период эксплуатации (кривая 2) максимальное понижение противоизносных свойств работающего масла наступает при коэффициенте  $K_{п} \approx 0,05$  ед., для зимних условий эксплуатации оно наступает при  $K_{п} \approx 0,12$  ед.

Для оценки противоизносных свойств работающих масел предложен критерий  $\Pi$ , определяемый отношением

$$\Pi = K_{п} / U, \tag{3}$$

где  $K_{п}$  – коэффициент, характеризующий концентрацию общих продуктов старения масла, ед.;  $U$  – диаметр пятна износа, мм.

Критерий  $\Pi$  характеризует концентрацию продуктов старения на номинальной площади фрикционного контакта и принят условно безразмерным. Согласно полученных данных (рис. 5 б), зависимость критерия противоизносных свойств имеет линейный характер с увеличением концентрации продуктов старения и описывается регрессивным уравнением вида

$$\Pi = 4 \cdot K_{п}. \tag{4}$$

Данная зависимость показывает, что противоизносные свойства работавшего масла практически не зависят от климатических условий эксплуатации, а определяются концентрацией продуктов старения. Кроме того, она является эталонной для данного масла, и с её помощью можно определять параметр износа, используя формулу

$$U = K_{п} / \Pi \tag{5}$$

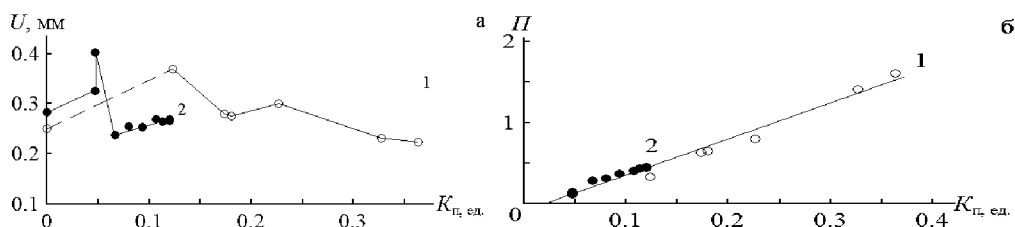


Рис. 5. Зависимости диаметра пятна износа (а) и критерия противоизносных свойств (б) от коэффициента поглощения светового потока при старении синтетического моторного масла Mobil 1 New Life 0W-40 SN/SM/SL/SJ: 1- зимний цикл, 2 – летний цикл

Для этого из двигателя отбирается проба масла, которая фотометрируется, определяется коэффициент  $K_{п}$ , а по зависимости  $\Pi = f(K_{п})$  вычисляется значение критерия  $\Pi$ . Параметр износа определяется по формуле 5. Для проверки полученного значения износа проба масла испытывается на трехшариковой машине трения.

Выводы:

1. Применение предлагаемой методики контроля состояния моторных масел в процессе эксплуатации двигателей внутреннего сгорания с применением



фотометра, вискозиметра, центрифуги и трехшариковой машины трения позволяет определить степень старения моторных масел, их вязкость, состав продуктов старения, противоизносные свойства и построить зависимость критерия противоизносных свойств от концентрации продуктов старения, по которой прогнозируются трибтехнические параметры работавшего масла.

2. Проведенными исследованиями установлено, что при обработке синтетическим маслом инструктивного срока климатические условия эксплуатации незначительно влияют на механизм старения масла, однако увеличение ресурса в 1,5 раза вызывает более интенсивное старение масла в зимний период эксплуатации за счет конденсации влаги при пусках двигателя, вызывающей омыление присадок.

3. Вязкость масла в летний период эксплуатации двигателя увеличивается более интенсивно, чем в зимний, что объясняется температурным режимом работы двигателя и деструкцией вязкостной присадки.

4. Состав продуктов старения при пробеге до 7,5 тыс. км определяется, в основном, концентрацией растворимых продуктов, а концентрация нерастворимых примесей находится на минимальном уровне, однако при увеличении пробега концентрация обоих продуктов увеличивается. Для оценки соотношения между концентрациями растворимых и нерастворимых продуктов старения введен коэффициент, определяемый отношением концентрации растворимых продуктов старения к концентрации нерастворимых продуктов, подтверждающий переход первых продуктов во вторые.

5. Установлено, что в начальный период эксплуатации двигателя противоизносные свойства работающего масла понижаются, а затем повышаются и превосходят противоизносные свойства товарного масла, при этом в летний период эксплуатации повышение противоизносных свойств наступает раньше, чем в зимний период.

6. Предложен критерий противоизносных свойств работающих масел, характеризующий условную концентрацию продуктов старения на номинальной площади фрикционного контакта, зависимость которого от коэффициента поглощения светового потока имеет линейный характер, что позволяет контролировать текущее значение противоизносных свойств работающих масел в процессе эксплуатации двигателя, причём климатические условия не влияют на характер изменения зависимости.

*Ковальский Болеслав Иванович* – доктор технических наук, профессор ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Институт нефти и газа, кафедра «Топливообеспечение и горючесмазочные материалы», г. Красноярск, E-mail: [Labsm@mail.ru](mailto:Labsm@mail.ru)

*Шрам Вячеслав Геннадьевич* – аспирант ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» Институт нефти и газа, кафедра «Топливообеспечение и горючесмазочные материалы», г. Красноярск, E-mail: [shram18rus@mail.ru](mailto:shram18rus@mail.ru)

**Kowalski Boleslav** – Professor FGAOU HPE "Siberian Federal University," Oil and Gas Institute, Department of "Fuel supply and fuels and lubricants", E-mail: [Labsm@mail.ru](mailto:Labsm@mail.ru)

**Scar Vyacheslav** – graduate FGAOU HPE "Siberian Federal University," Oil and Gas Institute, Department of "Fuel supply and fuels and lubricants", E-mail: [shram18rus@mail.ru](mailto:shram18rus@mail.ru)

УДК 691.001.24:621.86

## МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПРОЦЕССОВ ПНЕВМОТРАНСПОРТА СЫПУЧИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Монгуш С.Ч., Шиманова А.А.*

*Тувинский государственный университет, Кызыл  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный  
университет, Санкт-Петербург*

## METHODS OF CALCULATION PROCESS OF PNEUMATIC CONVEYING LOOSE MATERIALS

*Mongush S.CH., Shimanova A.A.*

*Tuvin state University, Kyzyl  
Saint-Petersburg state University of architecture and construction,  
Saint-Petersburg*

В статье приведены сведения о современном состоянии пневматического транспорта в строительстве и о причинах сдерживания его применения в различных технологических процессах. Проведен анализ существующих моделей расчета основных параметров пневматических транспортных установок. Даны рекомендации по наиболее перспективному методу исследования двухфазовых потоков. Приведен сравнительный анализ существующих математических моделей двухфазовых потоков.

**Ключевые слова:** пневмотранспорт, математический эксперимент, математическая модель, двухфазовый поток, строительные материалы.

This article provides information about the current state of air transport in the construction and the reasons for its containment applications in various industrial processes. The analysis of existing models of key parameters of pneumatic conveying systems. Recommendations on the most promising method of investigating two phase flows. A comparative analysis of the existing mathematical models of two-phase flows.

**Key words:** pneumatic transport, mathematical experiment, mathematical model, two-phase flow building materials.

Пневматический транспорт (ПТ) сыпучих материалов благодаря таким преимуществам перед другими видами транспорта, как экологичность, чистота, доступность в загруженных пространствах находит широкое применение в различных отраслях промышленности.