

УДК 543:547.91

Е.Д. Шпак, В.И. Митрофанова

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА МОТОРНОГО МАСЛА**

*Целью исследования является анализ автомобильного моторного масла разных производителей, в результате которого определяются физико-химические показатели, позволяющие установить качество исследуемых образцов.*

*Ключевые слова: моторное масло, анализ, физико-химические показатели, плотность, вязкость, механические примеси, качество продукта.*

**PHYSICAL AND CHEMICAL INDICATORS OF ENGINE OIL QUALITY**

*The aim of the study is to analyze automobile engine oils of different manufacturers, resulting in defined physical and chemical indicators to determine the quality of the studied samples.*

*Key words: engine oil, analysis, physical and chemical indicators, density, viscosity, mechanical impurities, product quality.*

Залог долговечной и безотказной работы автомобильных двигателей – использование качественных моторных масел (ММ), характеристики которых в максимальной степени соответствовали бы заданным заводом-производителем параметрам [1]. Назначение моторного масла – смазывать трущиеся детали двигателя внутреннего сгорания (ДВС), обеспечивая заданный ресурс при точном соответствии его свойств тем термическим, механическим и химическим воздействиям, которым масло подвергается в смазочной системе двигателя и на поверхностях смазываемых и охлаждаемых деталей.

К современным моторным маслам предъявляют ряд серьезных требований: высокая моющая способность по отношению к различным нерастворимым загрязнениям, обеспечивающая чистоту деталей и минимальный износ узлов двигателя (достаточные противоизносные свойства); отсутствие коррозионного воздействия на детали двигателя как в процессе работы, так в длительных перерывах; пологость вязкостно-температурных характеристик; обеспечение холодного пуска и прокачиваемости в данных условиях; отведение теплоты от узлов трения, удаление из зоны трения продуктов трения и износов и др. [4, 5].

Любое моторное масло состоит из базовой масляной основы и пакета специальных присадок, добавляемых к этой основе. Присадки отвечают за стабильность масляной пленки и вязкость масла (вязкостные), очистку деталей двигателя (моющие) и т.д. [2, 3]. Благодаря таким присадкам смазочная жидкость получает уникальные свойства и характеристики.

По своей масляной основе, играющей важную роль, ММ подразделяются на минеральные, полусинтетические, синтетические.

Моторные масла – продукты переработки нефти. Так, минеральные масла изготавливают из нефти путем очистки соответствующих фракций от нежелательных веществ. Различают дистиллят-

ные (основа зимних и всесезонных масел) и остаточные (основа летних масел) фракции минерального масла. Первые получают при вакуумном разделении мазута на фракции, вторые – остатки перегонки. На одном из этапов производства в масляную основу, как уже отмечалось, добавляют различные присадки и добавки, улучшающие физико-химические и механические свойства ММ.

По общепризнанным мировыми производителями принципам ММ классифицируют следующим образом:

SAE – Общество автомобильных инженеров;

API – Американский институт нефти;

ACEA – Ассоциация европейских производителей автомобилей;

ILSAC – Международный комитет по стандартизации и апробации ММ.

Каждая из классификаций использует свой принцип. Так, классификация SAE разделяет все масла в зависимости от их вязкостно-температурных свойств (вязкость – одно из важнейших свойств ММ, изменяющаяся в зависимости от температуры) на следующие классы: зимние – 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W; летние – 10, 20, 30, 40, 50, 60; всесезонные масла обозначаются двойным номером, – например, 0W-30, 5W-40 [1, 3].

Отечественные масла проходят сертификацию по ГОСТ. По кинематической вязкости масла делятся на классы: летние – 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24; зимние – 3, 4, 5, 6 и т.д.; всесезонные – 3/8, 4/6, 4/8, 4/10, 5/10, 5/12, 5/14, 6/10, 6/14, 6/16 (первая цифра указывает на зимний класс, вторая – на летний). Во всех перечисленных классах чем больше числовое значение, тем больше вязкость [1, 3].

Для исследования качественных показателей были отобраны шесть образцов ММ (произвольная выборка и простой опрос автомобилистов, а также мониторинг отзывов в Интернете):

1-й образец – Лукойл Авангард 10W-40 CA-4/SG (Россия);

2-й образец – Лукойл Супер 10W-40 SG/CD (Россия);

3-й образец – Лукойл Люкс 10W-40 SL/CF (Россия);

4-й образец – Mobil Super 5W-40 (марка принадлежит объединенной американской компании ExxonMobil, производят масло в разных странах, в том числе во Франции, Швеции и Финляндии);

5-й образец – ESSO Ultron 5W-40 (марка принадлежит американской корпорации EXXON (ExxonMobil), производство в разных странах);

6-й образец – Castrol EDGE 10W-40 (марка принадлежит компании Castrol Ltd, Великобритания, производство в разных странах).

Физико-химический анализ был проведен согласно нормативным требованиям ГОСТ 10541-78 [7] и по соответствующим методикам. В основу анализа положены испытания по плотностно-вязкостным характеристикам – определение кинематической вязкости и плотности; по вязкостно-температурным характеристикам – определение температуры вспышки в открытом тигле. Кроме того, в исследуемых образцах было определено содержание механических примесей.

Исходя из основного назначения ММ, вязкость является одним из важнейших свойств, определяющая его назначение и функции. Она зависит от химического состава и структуры соединений в смазке.

Определение кинематической вязкости проводилось по ГОСТ 33-82, оборудование и реактивы использовали согласно данному нормативному документу [12]. Сущность метода заключается в измерении времени истечения определенного объема жидкости под влиянием силы тяжести в капиллярном вискозиметре.

За итог испытания принимают среднее арифметическое результатов определений кинематической вязкости в двух вискозиметрах, если расхождение между ними не превышает  $\pm 1,2$ .

Определение плотности исследуемого продукта проводили с погрешностью не более  $0,001 \text{ г/см}^3$  по ГОСТ 3900-85 с помощью ареометра [10]. За результат испытания принимается сред-

нее арифметическое двух определений. Два результата определений, полученные одним исполнителем, признаются достоверными (с 95% доверительной вероятностью), если расхождение между ними не превышает  $0,0005 \text{ г/см}^3$  для прозрачных продуктов,  $0,0006 \text{ г/см}^3$  – для темных и непрозрачных продуктов.

Результаты испытаний и расчетов представлены в табл. 1.

Таблица 1

### Значения кинематической вязкости и плотности образцов моторного масла

№ образца	$\rho, \text{ г/см}^3$ при 20 °С		$\nu, \text{ мм}^2/\text{с}$			
	Среднее значение	Значение по ГОСТ 10541-78	Среднее значение		Значение по ГОСТ 10541-78	
			при 40 °С	при 100 °С	при 40 °С	при 100 °С
1	0,894	не более 0,890	64,3	9,3	94,3	не менее 12
2	0,890		87,3	13,8	88,3	
3	0,881		89,6	12,4	90,3	
4	0,863		96,0	14,1	95,7	
5	0,861		95,6	13,9		
6	0,862		95,2	14,5		

Важными являются вязкостно-температурные свойства, так как ММ в двигателях подвергаются действию повышенных температур. При нагревании ММ испаряются, смешиваясь с воздухом, образуют взрывную смесь. К вязкостно-температурным показателям качества с этой точки зрения относится температура вспышки в открытом тигле. Такое испытание проводилось по методике ГОСТа 4333-87 [9]. За результат испытания принимали среднее арифметическое значение результатов двух определений, округленное до целого числа и выраженное в градусах Цельсия. Два результата испытаний признаются достоверными (с 95% доверительной вероятностью), если расхождение между ними не превышает 5°С.

Результаты испытаний и расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

### Значения температуры вспышки

№ образца	Значение температуры вспышки, t °С	Нормируемый показатель температуры вспышки, °С по ГОСТ 10541-78
1	190	не ниже 190
2	211	
3	210	
4	216	
5	196	
6	183	

Механические примеси заносятся при переработке нефти, при очистке масляных дистиллятов и при хранении, транспортировке и заправке машин. Наиболее опасные примеси – песок и другие твердые частицы, вызывающие износ деталей ДВС. Сущность метода заключается в фильтровании испытуемых продуктов с предварительным растворением медленно фильтрующихся продуктов в бензине или толуоле, с последующим взвешиванием. За результат испытания принималось среднее арифметическое двух параллельных определений (при доверительной вероятности 95%), расхождения между которыми не превышают 0,01%. Массовая доля механических примесей до 0,005% включительно оценивается как их отсутствие [8]. Результаты анализа представлены в табл. 3.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы по качеству анализируемых образцов моторных масел: четыре образца полностью соответствуют нормативным требованиям и, таким образом, являются качественными маслами. Тогда как образец 1 – Лукойл Авангард 10W-40 SA-4/SG по плотности, кинематической вязкости и содержанию механических примесей, образец 6 – Castrol EDGE 10W-40 по кинематической вязкости – не соответствуют нормативным требованиям.

Следовательно, эти образцы не являются по данным показателям качественными продуктами и представляют опасность для работы автомобильного двигателя.

Таблица 3

## Значения содержания механических примесей

№ образца	Содержание механических примесей, %	Нормируемый показатель содержания механических примесей, % по ГОСТ 10541-78
1	0,063	не более 0,02
2	0,018	
3	0,009	
4	0,013	
5	0,005	
6	0,004	

1. Классификация моторных масел. – Режим доступа: <http://avtonam.ru/fluids/klassifikaciya-i-oboznachenie-motornyx-masel/>. – 16.02.19.

2. Моторные масла. – 20.07.2017. – Режим доступа: [http://k-a-t.ru/dvs\\_smazka/2-masla/index.shtml](http://k-a-t.ru/dvs_smazka/2-masla/index.shtml). – 16.09.2018.

3. Маркировка моторных масел. – Режим доступа: <https://etlib.ru/blog/432-markirovka-motornyh-masel-18.02.19>.

4. Моторные масла и их характеристики. – 17.04.2016. – Режим доступа: <https://obzorus.com/motornye-masla-i-ih-harakteristiki/>. – 16.09.2018.

5. Основные функции моторного масла. – Режим доступа: <http://krutimotor.ru/funktsii-i-naznachenie-motornogo-masla-v-dvigatele/#i>. – 18.02.19.

6. Характеристики линейки моторных масел Мобил. – Режим доступа: <https://proautomasla.ru/mobil/ultra-10w40.html>. – 18.02.19.

7. ГОСТ 10541-78. Масла моторные универсальные и для автомобильных карбюраторных двигателей. Технические условия (с измен. № 1-11 1995). Введ. 1980-01-01. – М.: Изд-во стандартов.

8. ГОСТ 6370-83. Метод определения механических примесей. Введ. 1984-01-01. – М.: Изд-во стандартов (с измен. 1994), 1994.

9. ГОСТ 4333-87. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле. – Взамен ГОСТ 4333-48; введ. 1988-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1997.

10. ГОСТ 3900-85 Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности. Введ. 1987-01-01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003577>. – 09.03.19.

11. ГОСТ 17479.1-2015 Масла моторные. Классификация и обозначение. Введ. 1987-01-01. – Режим доступа: <http://digest.wizardsoft.ru/documents/gov/gost-17479-1-2015-masla-motornye-klassifikatsiya-i-oboznachenie>. – 28.02.19.

12. ГОСТ 33-82. Метод определения кинематической и расчет динамической вязкости. Введ. 1983-01-01. – М.: Изд-во стандартов (с измен. 1997), 1997.

13. Беляев, С.В. Моторные масла и смазка двигателей. Учебное пособие. – Петрозаводск, 1993.

14. Гнатченко, И.И. Автомобильные масла, смазки, присадки. Справочное пособие. – М.: АСТ, 2000.