

## OPTICAL TEST METHODS APPLICATION FOR DETERMINATION OF PHISICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF ENGINE OILS<sup>7</sup>

---

**Dipl. Eng. Albena Ivanova-Vasileva,**  
Department of Automatics and Mechatronics,  
University of Ruse, Bulgaria  
Tel.: +359 895 464 717  
E-mail: avasileva@uni-ruse.bg

***Abstract:** The paper reviews existing and applicable spectral test methods for engine oils testing. Spectral technics of ultraviolet, infrared, atomabsorbtion spectroscopy and atomic emission spectroscopy with inductively coupled plasma and mass-spectrscopy are described with their advantages and disadvantages. The paper reviews and describe parameters used for motor oils viscosity classification and how they are related with the describe technics for testing and other optic technics from visual spectrum.*

***Keywords:** Optical, Engine oils, Clasification, Test Methods, Spectral, Color*

***JEL Codes:** L63; L 64*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Оптичните методи за изпитване намират много широко приложение в съвременните методи за изпитване на нефтопродукти. В голяма степен това се дължи на развитието на науката и техниката и усъвършенстването на способите за анализ на спектралните лъчения. Когато говорим за оптични методи за изпитване имаме предвид т.нар. оптична спектроскопия, което е вид електромагнитна спектроскопия и се използва взаимодействието между светлината и веществата за определяне на техните свойства.

За изследване на свойствата веществата може да се използва светлина с различна дължина на вълната на спектъра на електромагнитните вълни. В зависимост от специфичните свойства на маслата се използват и прилагат различни методи, които ще разгледаме подробно в материала.

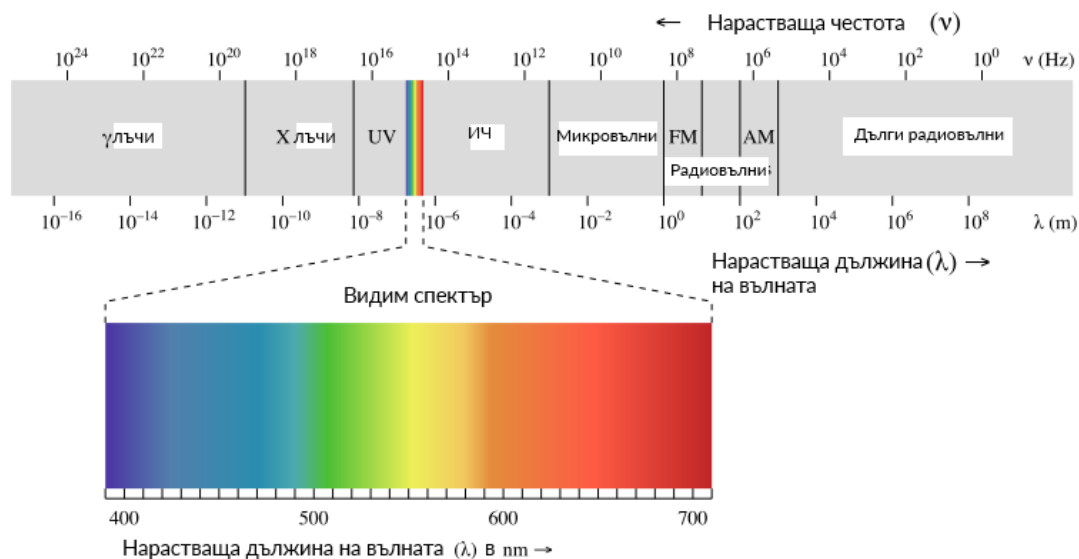
### ИЗЛОЖЕНИЕ

Принципът, на който се основават спектралните методи за изпитване е взаимодействието на веществото с електромагнитното лъчение (светлината разглеждаме като електромагнитна вълна), при което може да протече поглъщане( абсорбция), излъчване( емисия) или разсейване на електромагнитна енергия [1].

В зависимост от дължината на вълната електромагнитните лъчения се разделят на няколко вида, като всеки вид електромагнитно лъчение заема определена област от електромагнитния спектър и се използва за получаване на данни както за елементния състав, така и за структурата на молекулите на веществата. На фиг. 1 е представен спектър на електромагнитните вълни.

---

<sup>7</sup> Докладът е представен на 13 ноември 2020 с оригинално заглавие на български език: ПРИЛОЖЕНИЕ НА ОПТИЧНИ МЕТОДИ ЗА ИЗПИТВАНЕ ПРИ ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ФИЗИКОХИМИЧНИТЕ СВОЙСТВА НА МОТОРНИ МАСЛА



Фиг. 1. Електромагнитен спектър. [Image](#) from UC Davis ChemWiki, [CC-BY-NC-SA 3,0](#)

За изследване на свойствата на маслата се използват главно ултравиолетова, атомно абсорбционна и инфрачервена спектроскопия.

### УТРАВИОЛЕТНА СПЕКТРОСКОПИЯ

Ултравиолетова (UV) спектроскопия, известна също като UV спектрометрия, е една от първите спектроскопски техники, използвани за определя количествено химичния състав [2]. Подобно на други спектроскопични техники, той се използва за идентифициране на характерни „отпечатъци“ (емисионни ивици) на състава на молекулите, позволяващи количествено откриване на специфични молекули или молекулни видове в сложни смеси. Техниката използва облъчване на молекула с електромагнитно лъчение от ултравиолетовата област  $100\text{--}400\text{ nm}^8$ , при което произтича изменение в енергията на най-външните електрони (наричани валентни), участващи в химичните връзки. [1] Спектрите на нефтопродукти се снемат в разредени разтвори, тъй като най-характерните ивици на поглъщане в ултравиолетовата област имат висока интензивност. Количеството на изпитваната проба е  $1\text{ mg}$ . Най-подходящи са прозрачните в изследваната област разтворители. При интерпретация на UV спектрите се използват данните за мястото на ивиците и тяхната интензивност на поглъщане. Чрез тази техника се извършват както качествени, така и количествени изпитвания. UV спектроскопията се използва най-често при анализ на нефтопродукти чрез високоефективна течна хроматография (HPLC). Като недостатък на тази техника може да бъде отбелязано, че пробата не може да бъде използвана повторно, тъй като се разрежда, както и факта че ивиците на поглъщане са широки и при наличие на функционални групи с близки ивици на поглъщане се припокриват, което може да доведе до грешки в интерпретиране на резултатите.

### ИНФРАЧЕРВЕНАТА СПЕКТРОСКОПИЯ

Инфрачервената спектроскопия (IR) е широко прилаган, не разрушаващ метод за оценка на различни свойства на маслата. Инфрачервеният спектър, както и UV спектъра се възприема като "пръстов отпечатък", за което и да е органично вещество. Всяка, намираща се в химичното съединение функционална група се характеризира с абсорбция при определена честота. Обикновено IR спектри се регистрират в областта  $400 - 4000\text{ cm}^{-1}$ . Поради това, че спектралните характеристики на смазочните масла са доста сложни, IR-анализът се използва основно като средство за количествена оценка. Обичайната използвана техника, включва

<sup>8</sup> nm – нанометър ( $1 = 10^{-9}\text{ m}$ )

изпитване в тънък слой и начертаването на калибрационна крива на абсорбцията при определена честота, характерна за определените функционални групи, спрямо концентрацията. С помощта на тази техника се определят съдържанието на ароматни въглеводороди, сажди, съдържание на гориво, окислени продукти, антиокислителни добавки и др.

### **РЕНТГЕНОВО ФЛУОРЕСЦЕНТНА СПЕКТРОСКОПИЯ (X-RAY)**

Рентгенова флуоресцентна спектроскопия (XRF) се използва за рутинен, сравнително неструктивен химичен анализ на масла. Рентгеновите спектри се получават чрез облъчване на материала с рентгенов лъч, като едновременно се измерва кинетичната енергия и броя на електроните, които излизат от горните 0-10 nm на анализирания материал. Така енергията се разсейва, но част от нея се абсорбира в пробата, което дава информация за химическия и състав. Този метод за изпитване се прилага за определяне на елементи от присадки в маслата, както и елементен анализ на работили масла за откриване на метали от износване.

### **АТОМНО ЕМИСИОННА СПЕКТРОСКОПИЯ**

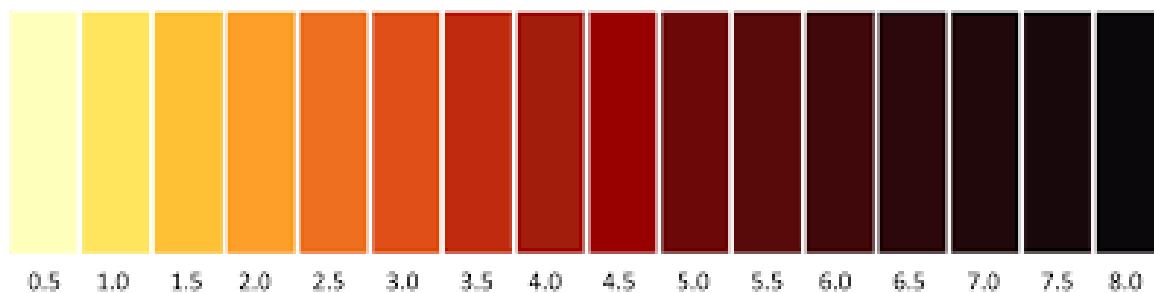
Познатите и прилагани спектрографски методики са АЕ (атомно-емисионната) и АА (атомно-абсорбционната). Те са основани на енергетични промени в свободните атоми на веществата вследствие поглъщане или излъчване на светлина. Методите на атомно емисионната спектроскопия са основани на характеристични атомни спектри в резултат на възбуждане на свободни атоми на анализираното вещество с пламък, индуцирана плазма или електрически дъгов или искров разряд или други източници.

И при този метод се разчита на спектрални линии с различен интензитет, които съответстват на точно определен атом. С тези методи се получава информация за нивото и склонността към износване на металите, както и за определяне на съдържанието на метали в някои присадки или замърсители, намиращи се в работилото масло.

### **ЯДРЕН МАГНИТЕН РЕЗОНАНС (ЯМР)**

Ядрено-магнитен резонанс (ЯМР) спектроскопията е една от най-широко използваните аналитични инструменти в химичния анализ. Точно като инфрачервената (IR) и ултравиолетовата (UV) спектроскопия, ЯМР е форма на абсорбционна спектрометрия, при която количество абсорбирано електромагнитно излъчване при дадена честота може да бъде свързано с концентрацията на определен химикал видове, които поглъщат с тази честота. Въпреки това, за разлика от IR спектроскопия, която разглежда функционални групи в рамките на молекула или UV спектроскопия, която разглежда молекулата като цяло, NMR се използва за определяне на концентрацията на специфичен атоми в пробата. [2].

Всички описани методи до тук за изпитване изискват специална апаратура, подготовка на пробата и разбира се сериозно познаване на химията на анализираните вещества. В съвременния свят, където се търси бърза диагностика и резултати е предизвикателство към науката да разработи по-достъпен и бърз метод за окачествяване на маслата. Това може да бъде направено след добро познаване на характеристиките на маслата, тяхната значимост и прилаганите в момента методи за изпитване. Единствения прилаган, бърз метод, който използва цвета на маслата във видимия спектър е показателят цвят. Процедурата за визуално определяне на цвят на различни смазочни масла се извършва, като изпитвания образец се наблюдава с помощта на източник на дневна светлина и цветът се сравнява със скала от еталонни цветни стъкла ( фиг. 2). Изпитването се извършва с колориметър, който позволява да се осветят и наблюдават едновременно пробата и еталонните образци.



Фиг. 2. ASTM скала

Този показател се прилага за изпитване, както на базови масла, така и на готови, адитивирани масла. В зависимост от типа изпитвания образец, може да се получи информация за степента на очистка на базовите масла, тяхната степен на дълбочинна обработка в процеса на рафиниране. Например хидроочистените базови масла са безцветни (water white) или много бледо жълти (фиг. 2, образец <0.5 и 1). Маслата получени чрез конвенционална селективна очистка са жълти (фиг. 2, образец 3) до тъмнокафяви (фиг. 2 образци 5 и 7).



Фиг. 3. Масла с различен цвят по ASTM скала

Когато обаче говорим за инхибирани масла, показателя цвят не може да бъде използван еднозначно за определяне на качеството на маслото и неговата принадлежност. Причината е, че използваните добавки в инхибираните масла с тъмен цвят и обичайно оцветяват масла значително. Така без значение дали имаме моторно, трансмисионно или хидравлично масла в зависимост от процента на влагане на присадката и свойствата им те могат да имат един и същ цвят определен по ASMT скалата.

Освен класификация за приложение на маслата те задължително трябва да бъдат класифицирани, съгласно т.нар. вискозитетни класификации. Тези класификации, както става ясно от наименованието използват показател „Вискозитет“, за да раздели маслата в определени групи, които се наричат вискозитетни класове. Използваните показатели са Кинематичен и динамичен вискозитет. Кинематичния вискозитет е мярка за съпротивление при изтичане на една течност под действие на гравитационната сила. Измерва се при 100°C и 40°C. Динамичния вискозитет е отношението между приложеното тангенциално напрежение и градиента на скоростта.

Вискозитетната класификация за моторни масла е разработена през 1995 година от Асоциацията на автомобилните инженери SAE и е позната до днес като SAE J-300. Настоящата вискозитетна класификация на моторни масла е от 2015 г. и запазва първоначално въведените два основни класа: едносезонни и всесезонни масла.

Таблица 1. ВИСКОЗИТЕТНА КЛАСИФИКАЦИЯ НА МОТОРНИ МАСЛА

Вискозитетен клас SAE	Динамичен вискозитет /CCS/, mPa.s	Вискозитет на изпомпване /MRV/, mPa.s	Кинематичен вискозитет при 100°C, mm <sup>2</sup> /s		Вискозитет при висока температура и високи напрежения на срязване, (mPa.s) при 150°C
			min	max	
0W	6200 при -35 <sup>0</sup>	60 000 при -40 <sup>0</sup>	3.8	-	-
5W	6600 при -30 <sup>0</sup>	60 000 при -35 <sup>0</sup>	3.8	-	-
10W	7000 при -25 <sup>0</sup>	60 000 при -30 <sup>0</sup>	4.1	-	-
15W	7000 при -20 <sup>0</sup>	60 000 при -25 <sup>0</sup>	5.6	-	-
20W	9500 при -15 <sup>0</sup>	60 000 при -20 <sup>0</sup>	5.6	-	-
25W	13 000 при -10 <sup>0</sup>	60 000 при -15 <sup>0</sup>	9.3	-	-
8	-	-	4.0	<6.1	1.7
12	-	-	5.0	<7.1	2.0
16	-	-	6.1	<8.2	2.3
20	-	-	6.9	<9.3	2.6
30	-	-	9.3	<12.5	2.9
40	-	-	12.5	<16.3	3.5 (0W-40, 5W-40 & 10W-40)
40	-	-	12.5	<16.3	3.7 (15W-40, 20W-40, 25W-40& 40)
50	-	-	16.3	<21.9	3.7
60	-	-	21.9	<26.1	3.7

Определянето на показателите кинематичен вискозитет и динамичен вискозитет се извършва в лабораторни условия и отнема време. Ето защо би било сериозен напредък ако се намери неструктивен метод, който да определя вискозитетния клас на маслата по по-бърз и лесен начин. От направения преглед е видно, че познатите техники, които използват светлинни източници са скъпи и свързани със сериозни инвестиции и време.

И тук както в случая, където масла с различно приложение могат да бъдат със сходен или един и същ цвят се наблюдава тенденция, за масла от различен вискозитетен клас да имат еднакъв цвят. Това означава, че е необходимо да се търси такава характеристика на светлината, която да позволява да се направи разграничаване на различните вискозитетни класове масла. Изследвания до момента са правени чрез анализ на хистограми на изображения на масла [3]. Хистограма показва разпределението на стойностите на цветовете в изображението. Тя е често използвана в обработката на изображения. Друг вариант е използване на модели от типа RGB, HSL и др.

#### ИЗВОДИ

Описаните методи са много добра възможност, въведена от години за изпитване на нефтопродукти. Те са доказали предимствата си пред множеството традиционни физически и

химически изпитания, защото при тях с едно измерване, по бърз и лесен за оператора начин се получават резултатите за най-често интересуващите ни параметри. Те обаче не са подходящи за определяне на вискозитетния клас на маслата и е необходимо да се задълбочи изследването за възможни връзки с цветни изображения и техните свойства.

### **БЛАГОДАРНОСТ**

Изследванията са подкрепени по договор с № 2020-ЕЕА-05 „Изследване на възможностите за определяне на някои основни съставки на почвата посредством визуални методи“, финансиран от Фонд „Научни изследвания“ при Русенски университет „Ангел Кънчев“.

The research is supported by a contract with Ruse University "Angel Kanchev" under NSF – 2020 - EEA - 05, "Research of the possibilities for determining some of the main components of the soil using visual methods".

### **REFERENCES**

Buyukliev, R., Sindjakova, D., (2016). *Spectral test methos in organic chemistry* (Оригинално заглавие: Буюклиев, Р., Синджакова, Д., 2016. Спектрални методи за анализ в органичната химия.)

George E. Totten, (2003). *Fuels and Lubricants Handbook*, 649-674.

Ahmadi, S., Mani-Varnosfaderani, A., Habibi, B., (2018). Motor Oil Classification Using Color Histograms and Pattern Recognition Techniques