

учитывающие особенности стесненного упругопластического деформирования на начальной стадии нагружения. Результаты исследований могут быть использованы в учебном процессе при изучении триботехнических дисциплин, а также в инженерной и научно-исследовательской практике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Боуден, Ф. П. Трение и смазка твердых тел. / Ф. П. Боуден, Д. Тейлор; пер. с англ. Н. М. Михина и А. А. Силина; Под ред. И. В. Крагельского. – М. : Машиностроение, 1968. – 544 с.
2. Свириденко, А. И. Механика дискретного фрикционного контакта / А. И. Свириденко, С. А. Чижик, М. И. Петроковец – Минск : Наука и техника, 1990. – 272 с.
3. Леванов, А. Н. Контактное трение в процессах обработки металлов давлением / А. Н. Леванов [и др.]. – М. : Metallurgia, 1975. – 416 с.
4. Барсуков, В. Г. Трибомеханика дисперсных материалов. Технологические приложения / В. Г. Барсуков, Б. Крунич. – Гродно: - ГРГУ, 2004. – 240 с.
5. Макушок, Е. М. Механика трения / Е. М. Макушок – Минск : Наука и техника, 1974. – 256 с.

УДК 621

ДИАГНОСТИКА СТАРЕНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ С ПОМОЩЬЮ КАПЕЛЬНОГО ТЕСТА (МЕТОД VLOTTER SPOT)

**В. М. Голуб¹, Д. В. Теслюк¹, В. В. Колодич², Ю. А. Добрияник²,
А. В. Мартынов²**

¹Брестский государственный технический университет, г. Брест,
Республика Беларусь

²ОАО «ЦВЕТОТРОН», г. Брест, Республика Беларусь

Качество смазывающего материала имеет колоссальное значение в любой отрасли машиностроения. Моторное масло защищает детали двигателя от износа и обеспечивает слаженную работу механизмов, смазывая рабочие узлы и снижая силу трения между сопряженными элементами. Также оно охлаждает мотор и очищает его от продуктов сгорания топлива.

Моторное масло, изготовленное из непригодного и дешевого сырья или с допущением других нарушений, не только хуже выполняет свои функции, но и наносит вред двигателю. Оно сокращает срок эксплуатации механизмов и может привести к поломке и их последующему дорогостоящему восстановлению.

Сейчас некачественное и поддельное или, как его еще называют, контрафактное моторное масло выпускается в огромных количествах. От подделок страдают не только потребители, но и сами производители смазочных материалов, теряющие свою прибыль.

Определить подделку, а также проконтролировать состояние жидкости – узнать, нуждается ли она в замене, помогает капельный тест на бумаге.

Одним из наиболее распространенных и простых методов определения этих показателей является метод «капельной пробы», заключающийся в нанесении капли работающего масла на фильтровальную (индикаторную) бумагу и последующем анализе полученного масляного пятна. При впитывании капли масла в индикаторную бумагу наблюдается открытый в 1903 русским ученым М. С. Цветом хроматографический эффект, а точнее – его разновидность, относящаяся к технологии распределительной хроматографии. За исследования в области распределительной хроматографии, описанной в 1944 г., американские ученые Мартин и Сендж получили Нобелевскую премию. Именно эта технология и используется в экспресс-тестах компании MOTORcheckUP. Сам метод «капельной пробы» был разработан компаний Shell в 1948 г. непосредственно для оценки качества моторного масла и назван Blotter Spot. С помощью капельного теста можно не только определить качество моторного масла, но и проверить следующие параметры:

- состояние резиновых прокладок и уплотнителей в двигателе;
- свойства моторного масла;
- состояние двигателя в целом (в частности, нуждается ли он в капитальном ремонте);
- определить, когда нужно поменять масло в моторе машины.

Методика проверки качества масла

1. Для начала моторное масло следует прогреть до рабочей температуры, заглушить двигатель, дать остыть минуты три-пять, чтобы масло стекло в поддон и взять его на щуп из поддона.

2. Одну каплю масла необходимо капнуть на бумагу (плотность 80 г/м²). Лучше всего использовать для корректности исследования чистый белый лист. Через 20 минут смазка хорошо впитается в него, образуя соответствующее пятно (необходимо дать листу бумаги высохнуть минимум часа 3, а то и сутки при комнатной температуре). Лист бумаги нужно положить на непитающее основание (пластик, стекло). Цвет и геометрические характеристики масляного пятна могут предоставить достаточно много различной информации о масле.

3. Измеряем линейкой диаметры зон (два диаметра) и считаем коэффициенты моюще-диспергирующих свойства моторного масла двумя способами – определение $k_{ДС}$ (ДС) и $k_{МД}$ (методика Пасечникова Н. С., Хмелевой Н. М) и коэффициент механических примесей $k_{МПР}$ (та же методика):

$$k_{ДС} (ДС) = 1 - d^2/D^2, k_{МД} = D/d, k_{МПР} = d_1/d,$$

где d – диаметр окружности кольца, D – диаметр окружности зоны диффузии, d_1 – диаметр окружности центра капли.

После чего проводим визуальную оценку состояния пятна капли масла с эталоном (специальной фототаблицей), а также рассчитываем все коэффициенты. Полученная величина является численным показателем диспергирующей

способности работающего масла и выражается в условных единицах. Нормальным показателем принято считать $k_{ДС} = 0,5...1$. Рекомендуется более частое проведение расчетов капельной пробы масла при достижении значения $k_{ДС} = 0,6...0,65$ усл. ед. Коэффициент $k_{ДС} \leq 0,3$ – считается аварийным. Для $k_{МД}$ граничным считается значение 1,65. Если расчетное значение получилось ниже этой границы, то вполне вероятно образование в двигателе лаковых отложений. Для коэффициента механических примесей в масле $k_{МПП}$ граничным считается значение 0,44. Если расчетное значение получилось ниже этой границы, то вероятно образование задиров на стенках цилиндров.

Для проверки выбрали масло Gazpromneft Super 10W40. Была поставлена задача изучить пробы, полученные на бумаге, рассчитать коэффициенты и сделать выводы о его дальнейшем применении.

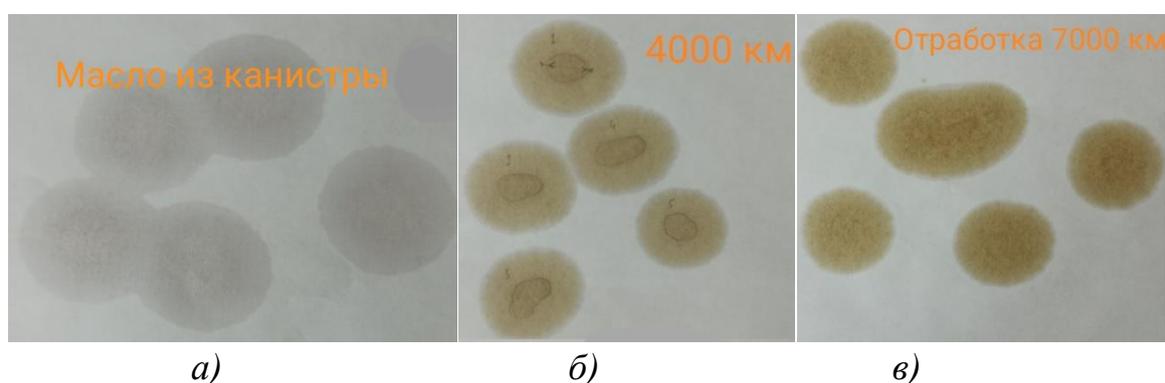


Рисунок 1 – Изучаемые хроматограммы

На рисунке 1 представлены пробы масла соответственно для: а) свежего масла; б) масла из двигателя, прошедшего 4000 км; в) отработанного масла с ресурсом 7000 км.

Новое масло, как видно на рисунке 1, состоит из сплошного светлого пятна без каких-либо вкраплений, что и говорит о его неиспользовании. А вот хроматограммы на последующих рисунках при правильной обработке могут многое сказать о его качестве и дальнейшем использовании. Разобьем все пробы на зоны и рассчитаем основные коэффициенты (рисунок 2).

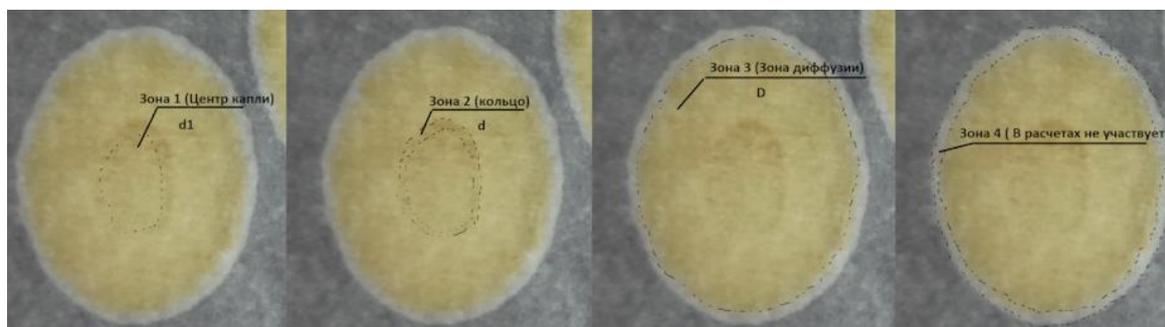


Рисунок 2 – Основные зоны изучаемого пятна

В связи с тем, что кольцо не идеально круглое, вычислим средний диаметр, определяя минимальный и максимальный диаметры, а затем вычислим среднее арифметическое и получим средний диаметр кольца (рисунок 3).

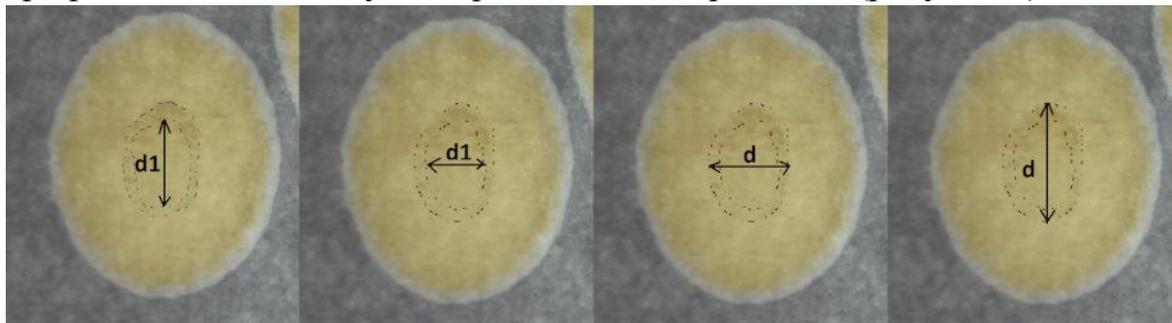
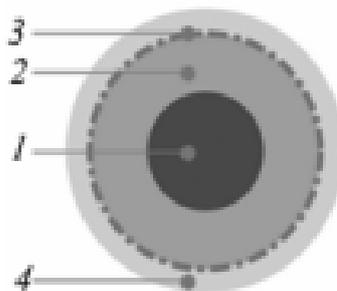


Рисунок 3 – Схемы к определению среднего диаметра кольца

Каждая зона имеет свои характерные особенности. В зоне ядра 1 осаждаются частицы механических примесей, не способные проникать в поры фильтровальной бумаги. Эта зона хорошо очерчена при небольшом пробеге двигателя и рабочем состоянии моторного масла. Интенсивность ее окраски характеризует количество механических примесей.



1 – ядро; 2 – зона диффузии; 3 – зона воды; 4 – зона топлива

Рисунок 4 – Зоны масляного пятна

В зоне диффузии 2 располагаются мелкие частицы механических примесей, способные проникать в поры бумаги. Эта зона наиболее показательна, поскольку ее ширина характеризует самые важные при эксплуатации свойства масла – его моющую и диспергирующую способности. Данные свойства определяют, насколько масло успешно справляется с задачами очищения деталей двигателя, а также расщепления и предотвращения образования наиболее опасных крупных комков загрязнений. Зона воды 3 представляет собой ровный невидимый контур, если в масле нет воды. Если же масло обводнено, то контур представляет собой ломаную, зигзагообразную линию. Если в масле, кроме воды, содержится охлаждающая жидкость – антифриз или тосол – то вокруг контура появляется желтое кольцо. Зона топлива 4 – это светлый ореол, ширина которого зависит от количества несгоревшего топлива, проникшего в масло. Зона хорошо различима при просмотре теста «на просвет».

Определив все диаметры, расчет произведем в редакторе Excel (рисунок 5), все остальные расчеты представим в виде сводной таблицы (таблица 1).

Коэффициент моюще-диспергирующих свойств моторного масла			
Вариант 1			
Параметры капли №1		Параметры капли №2	
Зона 1			
Диаметр окружности центра капли (d1), мм	среднее значение	минимум	максимум
	12,50	12	13
Зона 2			
Диаметр окружности кольца (d), мм	среднее значение	минимум	максимум
	18,5	18	19
Зона 3			
Диаметр окружности зоны диффузии (D), мм	среднее значение	минимум	максимум
	39	35	43
$DC = 1-d^2/D^2$	342,25		
	1444		
	0,24		
	0,76		
Параметры капли №3		Параметры капли №4	
Зона 1			
Диаметр окружности центра капли (d1), мм	среднее значение	минимум	максимум
	12,5	8	17
Зона 2			
Диаметр окружности кольца (d), мм	среднее значение	минимум	максимум
	13	9	17
Зона 3			
Диаметр окружности зоны диффузии (D), мм	среднее значение	минимум	максимум
	36	35	37
$DC = 1-d^2/D^2$	169		
	1296		
	0,13		
	0,87		
Параметры капли №5		Среднее арифметическое всех капель	
Зона 1			
Диаметр окружности центра капли (d1), мм	среднее значение	минимум	максимум
	12	10	14
Зона 2			
Диаметр окружности кольца (d), мм	среднее значение	минимум	максимум
	10,5	8	13
Зона 3			
Диаметр окружности зоны диффузии (D), мм	среднее значение	минимум	максимум
	32	29	35
$DC = 1-d^2/D^2$	110,25		
	1024		
	0,11		
	0,89		
		4,29	
		0,86	
		Норма от 0,5 до 1	
		Отклонение менее 0,5	

Рисунок 5 – Определение коэффициента $k_{ДС}$ (DC)

Таблица 1 – Расчет основных коэффициентов для каждой из проб

	$k_{ДС}$ (DC)	$k_{МД}$	$k_{МП}$
Проба 1 (4000 км)	0,86	2,77	0,88
Проба 2 (7000 км)	0,64	1,83	0,57

В итоге, по результатам эксперимента, можно сделать следующий вывод: характеристики для масла первой пробы (таблица 1) на порядок выше, чем у второй, что и подтверждается как органолептическим методом, так и расчетными показателями. Данная методика проста и эффективна для оценки состояния и качества масла, позволяющая определить непригодность масла и выявить какие-либо неисправности в работе двигателя и осуществить ее, что очень важно, можно в полевых условиях, не имея никаких специальных инструментов и навыков, а выбранное масло, как один из бюджетных вариантов, могло бы заменить более дорогостоящие импортные аналоги как в легковых авто, так и в с/х технике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Standard Test Method for Measuring the Merit of Dispersancy of In-Service Engine Oils with Blotter Spot Method: ASTM D7899 – 19. – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019.

2. Капельная проба. Экспресс тест состояния масла // Oilchoice.ru. Форум по маслам, присадкам и смазкам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.oilchoice.ru/viewtopic.php?t=1173>. – Дата доступа: 06.09.2023.