

УДК 631.3-6

ВЫБОР ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ПОДЛОЖКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МОТОРНОГО МАСЛА МЕТОДОМ «КАПЕЛЬНОЙ ПРОБЫ»

В.К. Корнеева,

доцент каф. технологии металлов БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В.М. Капцевич,

зав. каф. технологии металлов БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

И.В. Закревский,

ст. преподаватель каф. технологии металлов БГАТУ

А.Г. Кузнецов,

ст. преподаватель каф. технологии металлов БГАТУ

П.М. Спиридович,

магистрант каф. технологии металлов БГАТУ

Рассмотрен процесс формирования масляного пятна работающего моторного масла на различных типах фильтровальной и офисной бумаги. Установлено, что для осуществления метода «капельной пробы» целесообразно использовать офисную бумагу.

Ключевые слова: фильтровальная и офисная бумага, работающее моторное масло, «капельная проба», загрязненность, моюще-диспергирующие свойства.

The process of formation of an oil spot of engine oil in use on various types of filter and office paper is considered. It has been determined that it is advisable to use office paper to implement the «drop test» method.

Key words: filter and office paper, working engine oil, «drop test», contamination, detergent-dispersant properties.

Введение

Одним из наиболее распространенных и простых методов оценки состояния работающего моторного масла является метод «капельной пробы» – метод *Blotter Spot*, заключающийся в нанесении капли масла на фильтровальную бумагу и последующем анализе полученного масляного пятна [1]. Метод «капельной пробы» является наиболее информативным органолептическим методом, позволяющим по бумажной хроматограмме масляного пятна выделить кольцевые зоны и оценить моюще-диспергирующие свойства, наличие воды и топлива, а также загрязненность моторного масла нерастворимыми примесями. Метод позволяет определить критическое состояние моторного масла, а именно: потерю моюще-диспергирующих свойств, предельно допустимое содержание воды, топлива и нерастворимых примесей, что в конечном итоге дает возможность сделать заключение о целесообразности дальнейшего использования масла.

При впитывании капли масла в фильтровальную бумагу наблюдается хроматографический эффект, а

точнее – его разновидность, относящаяся к технологии распределительной хроматографии [2]. На бумажной хроматограмме в сформированном масляном пятне выделяют четыре зоны (рис. 1).

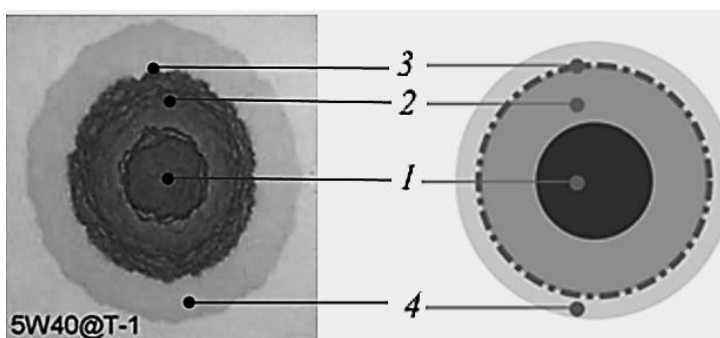


Рисунок 1. Зоны масляного пятна:

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

Каждая зона имеет свои характерные особенности (рис. 2) [3].

В зоне ядра 1 осаждаются частицы сажи и механических примесей, не способные проникать в поры фильтровальной бумаги, а также гелеобразные продукты термического разложения, окисления и полимеризации масла (асфальтены, карбены, карбоиды) и находящиеся

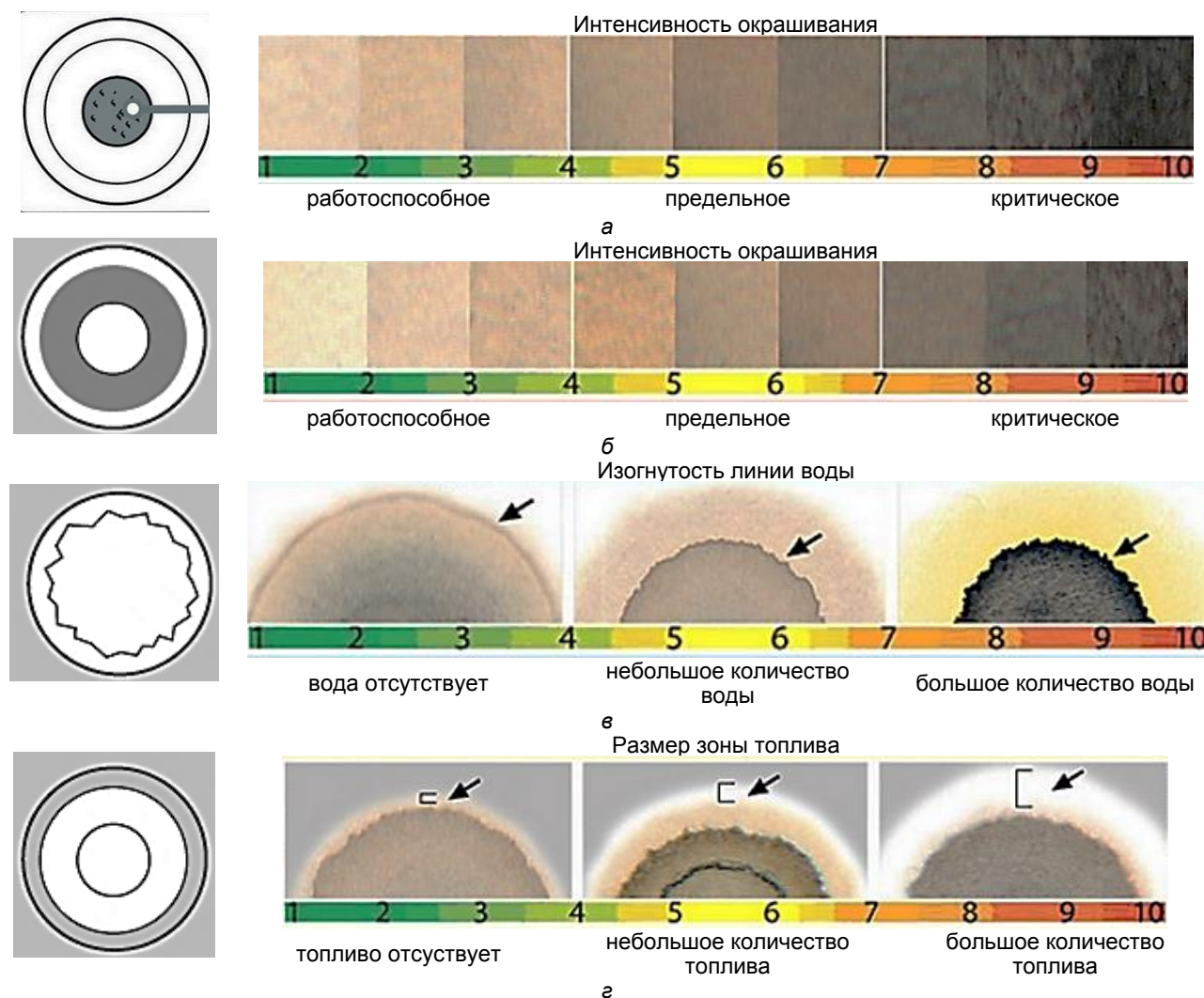


Рисунок 2. Характерные особенности зон масляного пятна:
а – ядро; б – диффузионная зона; в – зона воды; г – зона топлива

в нем продукты неполного сгорания топлива. Эта зона хорошо очерчена при небольшом пробеге двигателя и рабочем состоянии моторного масла. Интенсивность ее окраски характеризует количество механических примесей и гелеобразных продуктов (рис. 2а).

В зоне диффузии 2 располагаются мелкие частицы механических примесей и сажи, способные проникать и перемещаться в порах бумаги. Эта зона наиболее показательна, т.к. ее ширина характеризует самые важные при эксплуатации свойства масла – его моюще-диспергирующую способность. Данные свойства определяют, насколько масло успешно справляется с задачами очищения деталей двигателя, а также расщепления и предотвращения образования наиболее опасных крупных комков загрязнений. Отсутствие границы между зоной диффузии и зоной ядра свидетельствует о потере моюще-диспергирующей способности из-за срабатывания соответствующих присадок (рис. 2б).

Зона воды 3 представляет собой ровный невидимый контур, если в масле нет воды. Если же масло об-

воднено, то контур представляет собой ломаную, зигзагообразную линию (рис. 2в). Если в масле кроме охлаждающей жидкости (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 (рис. 2г). Зона хорошо различима при просмотре теста «на просвет».

В работах [4-7] приведены методики осуществления метода «капельной пробы» с различными режимами процесса. Так, автор работы [4] предлагает каплю масла с помощью заполненной на $\frac{1}{2}$ стеклянной части пипетки офтальмологической наносить на фильтровальную бумагу – обеззольный фильтр «синяя лента» с последующей сушкой масляного пятна при комнатной температуре 20-25 °С в течение 3-4 часов. В работе [5] описан метод «капельной пробы» с нанесением капли масла при помощи стержня с высоты 5-10 мм и высушиванием масляного пятна в течение 10 минут при комнатной температуре. В работе [6] обосновывается выбор высоты падения капли с расстояния 50 мм и

температуры нанесения капли, равной 80 °С. В то же время автор источника [7] предлагает осуществлять сушку при температуре 160±10 °С.

Таким образом, отсутствие единого мнения в подходах к реализации метода «капельной пробы» приводит к невозможности сопоставления и оценки результатов различных авторов.

В настоящее время американским обществом по испытанию материалов (*American Society for Testing and Materials*) разработан стандарт ASTM D7899-19 [1], описывающий процедуру определения моюще-диспергирующих свойств и загрязненности моторных масел. Для реализации метода, каплю масла объемом 20 мкл, с помощью поршневой микропипетки (25 мкл) наносят на фильтровальную бумагу *Durieux n122* толщиной 0,16 мм и с размерами пор порядка 2 мкм. При нанесении капли бумагу располагают в специальном держателе, предотвращая ее деформацию и контакт с любыми поверхностями. Держатель с фильтровальной бумагой и нанесенной каплей горизонтально размещают на один час в сушильный шкаф или другое нагревательное устройство с отсутствием принудительной конвекции, при температуре 80 °С. Далее в течение одного часа производят обработку.

В большинстве отечественных публикаций [4; 6] в качестве фильтровальной бумаги для осуществления метода рекомендуется использовать фильтровальную бумагу «синяя лента». Однако в комплектации портативной лаборатории анализа масел и топлив ПЛАМ [8], например, предполагается использовать, согласно РД 31.23.52-79, фильтровальную бумагу «красная лента», а на различных форумах в Интернете автолюбители для получения хроматограмм предлагают использовать другие различные типы бумаги, в том числе не относящиеся к типу фильтровальной.

Целью настоящей работы является обоснование выбора бумаги для осуществления метода «капельной пробы».

Основная часть

Рассмотрим процесс формирования масляного пятна работающего моторного масла марки 10W40 (30 ч наработки) на различных типах фильтровальной бумаги «синяя лента», «красная лента» и «белая лента», а также на офисной бумаге. Характеристики рассматриваемых типов бумаг представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики рассматриваемых типов бумаг

Характеристика	Тип бумаги			
	«синяя лента»	«белая лента»	«красная лента»	офисная
	ГОСТ 12026-76, ТУ 2642-001-68085491-2011			ГОСТ Р 58106-2018
Размер пор, мкм	3-5	5-8	8-12	–
Толщина, мм	0,16	0,17	0,19	0,095
Масса 1 м ² /г	82-88	72-78	72-78	72-80



Рисунок 3. Электротигель ЗИВ




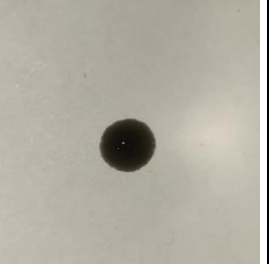










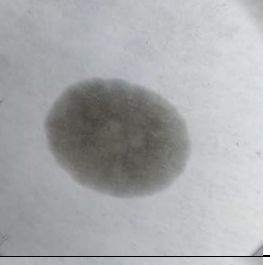



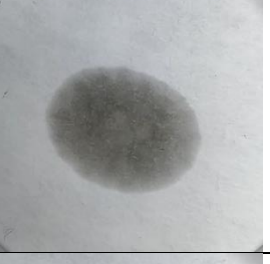
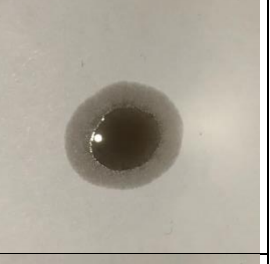




Для нанесения капли масла использовали установку [9], состоящую из капельницы, закрепленной вертикально на штативе, с возможностью регулирования объема и высоты падения капли. Объем капли выбирали равным 15 мкл, высоту падения – 12,5 мм. Бумагу закрепляли в держателе и располагали на дне электротигля ЗИВ (рис. 3).

Каплю масла наносили строго вертикально в центр бумаги. Держатель с бумагой и нанесенной каплей выдерживали в электротигле, нагретом до температуры 80±5 °С, в течение одного часа. В процессе проведения эксперимента, при помощи камеры мобильного телефона фиксировали видеоизображение растекания капли с момента нанесения ее на бумагу и в процессе последующей сушки. Результаты проведения исследований поведения капель на различных типах бумаги в различные моменты времени t приведены в таблице 2.



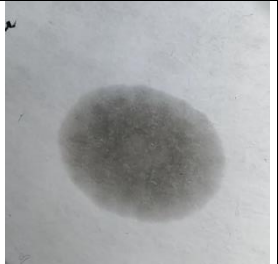


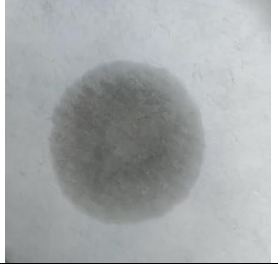
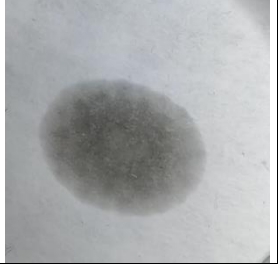


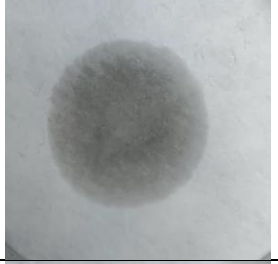
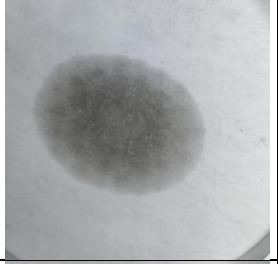


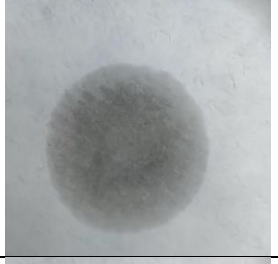
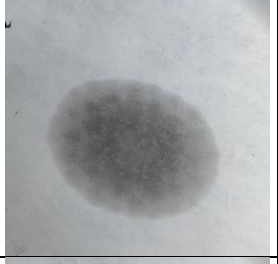



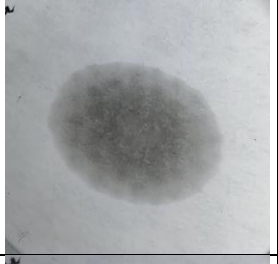
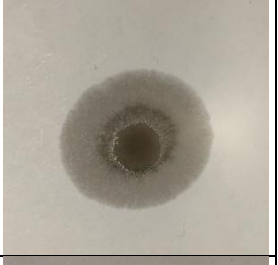
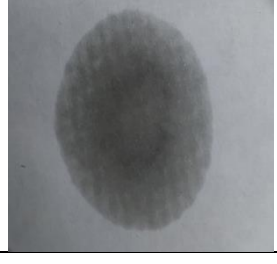


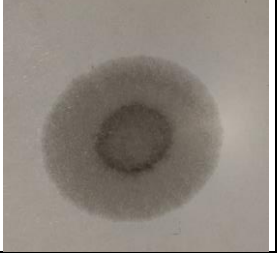
По полученным изображениям (табл. 2) измеряли максимальный D_{max} и минимальный D_{min} размер масляных капель и определяли их средний размер D_{cp} в зависимости от времени t (рис. 4), а также оценивали форму капель, которую характеризовали параметром формы «вытянутость» n [10], равным D_{max}/D_{min} (рис. 5).

Анализ полученных зависимостей (рис. 4) показывает, что характер изменения среднего размера пятна D_{cp} от времени t практически не зависит от типа бумаги, однако можно утверждать, что на офисной бумаге скорость растекания капли меньше, что в конечном итоге за этот промежуток времени дает возможность сформироваться основным зонам на хроматограмме (табл. 2), по анализу которых можно

Таблица 2. Результаты проведения исследования поведения капель на различных типах бумаги в различные моменты времени τ

Время τ , мин	Тип фильтровальной бумаги			
	«синяя лента»	«красная лента»	«белая лента»	офисная
0				
1				
2				
3				
4				
5				

Продолжение таблицы 2

Время τ , мин	Тип фильтровальной бумаги			
	«синяя лента»	«красная лента»	«белая лента»	офисная
6				
7				
8				
9				
10				
20				

Окончание таблицы 2

Время τ , мин	Тип фильтровальной бумаги			
	«синяя лента»	«красная лента»	«белая лента»	офисная
30				
40				
50				
60				

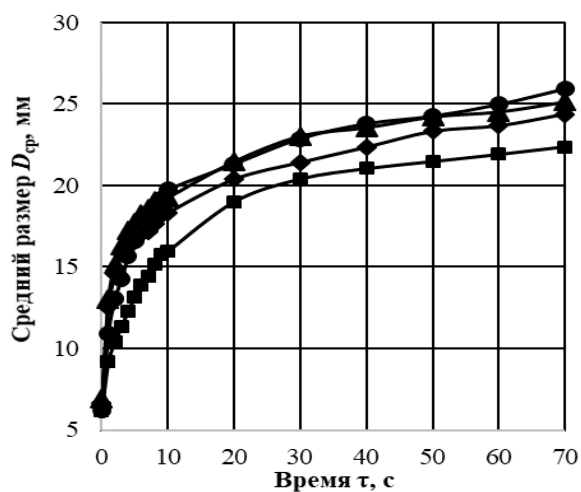


Рисунок 4. Зависимость среднего размера пятна $D_{ср}$ от времени τ на различной бумаге: ■ – офисная; ◆ – «белая лента»; ▲ – «красная лента»; ● – «синяя лента»

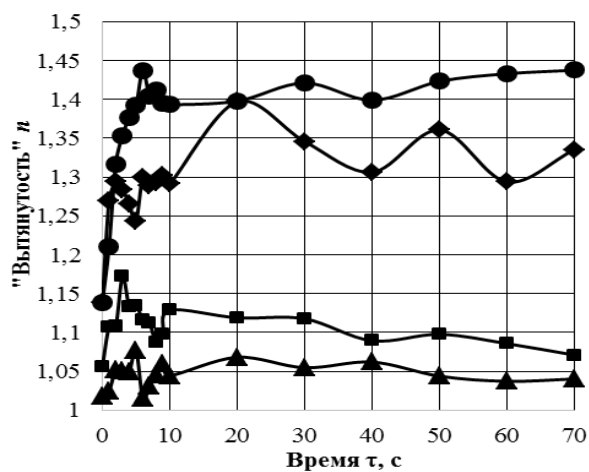


Рисунок 5. Зависимость параметра формы «вытянутость» n от времени τ на различной бумаге: ■ – офисная; ◆ – «белая лента»; ▲ – «красная лента»; ● – «синяя лента»

судить о загрязненности и моюще-диспергирующих свойствах масла. Так, четко очерченная зона ядра свидетельствует о небольшом пробеге двигателя и рабочем состоянии моторного масла. Наличие границы между зоной диффузии и зоной ядра указывает о работоспособности действующих присадок и удовлетворительных моюще-диспергирующих свойствах масла. Зона воды на хроматограмме представляет собой ровный невидимый контур, что свидетельствует об отсутствии воды в масле.

Анализ изменения параметра формы «вытянутость» n (рис. 5) позволяет сделать заключение о том, что основные колебания изменения «вытянутости» происходят в первые 10 минут растекания. Анализ изменения параметра формы «вытянутость» n показал, что основные колебания изменений формы капли происходят в течение первых 10 минут растекания, а в последующих промежутках времени ее форма сохраняется.

Заключение

Рассмотрен процесс формирования масляного пятна работающего моторного масла марки 10W40 (30 ч наработки) на различных типах фильтровальной и офисной бумаги.

Показано, что характер изменения среднего размера пятна $D_{ср}$ от времени t практически не зависит от типа бумаги, однако на офисной бумаге скорость растекания капли меньше, что в конечном итоге за этот промежуток времени дает возможность четко и выражено сформироваться зонам ядра и диффузионной зоне на хроматограмме, по анализу которых можно судить о загрязненности и моюще-диспергирующих свойствах масла.

Установлено, что изменение параметра формы капли «вытянутость» происходит в течение первых 10 минут растекания, а формирование наиболее равномерного пятна наблюдается на фильтровальной бумаге «красная лента» и офисной бумаге, что свидетельствует о наиболее равномерном порораспределении в этих видах бумаги.

Таким образом, проведенные исследования позволили рекомендовать офисную бумагу для проведения исследований моторного масла методом «капельной пробы».

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. – 7 p.
2. Реактивы. Метод бумажной хроматографии: ГОСТ 28365-89. – Введ. 01.01.91. – М.: Стандартинформ, 2008. – 8 с.
3. Способ и устройство для анализа масел и технических рабочих жидкостей и для квалифицированной оценки рабочих состояний элементов: пат. RU 2 649 095/ Г. Хорстмейер. – Оpubл. 29.03.2018.
4. Серков, А.П. Совершенствование обслуживания автотранспортных средств за счет диагностики технического состояния эксплуатационных материалов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.П. Серков. – Омск, 2018. – 189 л.
5. Остриков, В.В. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / В.В. Остриков [и др.]. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 304 с.
6. Розбах, О.В. Экспресс-диагностика качества высокощелочных моторных масел способом «капельной пробы»: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / О.В. Розбах. – Омск, 2006. – 137 л.
7. Гурьянов, Ю.А. Экспресс-методы и средства диагностирования агрегатов машин по параметрам масла: дисс. ... докт. техн. наук: 05.20.03 / Ю.А. Гурьянов. – Челябинск, 2007. – 371 л.
8. ПЛАМ-3 портативная лаборатория анализа масел и топлив / Лабораторное оборудование [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <http://proflab.com.ua/produkt/product-details/2785-plam-3-portativnaya-laboratoriya-analiza-masel-i-topliv.html>. – Дата доступа: 05.07.2021.
9. Динамика растекания и проникновения капли моторного масла на фильтровальной бумаге / В.К. Корнеева [и др.] // Агропанорама. – 2021. – № 6 (148). – С. 26-30.
10. Витязь, П.А. Пористые порошковые материалы и изделия из них / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег. – Минск: Вышэйшая школа, 1987. – 164 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 24.02.2022