

// Practicing Oil Analysis [сайт]. – URL:

<https://www.machinerylubrication.com/Read/692/visgage-viscosity>.

4. Kittiwake Heated Viscometer / Your Global Distribution Specialists. – Electronic resource. – 2021. – Mode of access: <http://dsi-ltd.com/Product-Heated-Viscometer.asp>. – Text: Electronic.

5. Mobil Serv Viscosity Test Kit (Flostick) / Your Global Distribution Specialists. – Text: Electronic. – 2021. – Mode of access: <http://dsi-ltd.com/Product-Viscosity-Test-Kit-%28Flostick%29.asp>

6. Bird, R.W. Transport Phenomena / R.W. Bird, W.E. Stewart, E.N. Lighfoot. – 2nd ed. – New York: John Wiley & Sons, 2002. – 897 p. – Text: Electronic.

## УДК 631.3-6

### ЭКСПРЕСС-ТЕСТИРОВАНИЕ МОТОРНОГО МАСЛА МЕТОДОМ «КАПЕЛЬНОЙ ПРОБЫ»

*Остриков Виталий Викторович, студент*

*Ковалевич Евгений Васильевич, студент*

*Корнеева Валерия Константиновна, науч. рук., к.т.н., доцент*

*Закревский Игорь Владимирович, науч. рук., ст. преподаватель*

*УО Белорусский ГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

*Аннотация:* представлена методика реализации метода «капельной пробы», позволяющая оценить моюще-диспергирующие свойства моторного масла, степень загрязненности сажей и механическими примесями, а также топливом.

*Ключевые слова:* моторное масло, «капельная проба», хроматограмма, электротигель

Моюще-диспергирующие свойства (МДС) масла, присущие только моторным маслам, определяются введением в базовое масло моющих, диспергирующих и стабилизирующих присадок.

Моющие присадки (детергенты) предотвращают образование нерастворимых загрязнений в масле, препятствуют образованию их отложений на поверхности деталей ДВС и обеспечивает удаление этих загрязнений. Диспергирующие присадки (дисперсанты) обеспечивают и поддерживают в мелкодисперсном состоянии продукты старения масла и неполного сгорания топлива, тем самым препятствуя образованию шлама. Стабилизирующие присадки восстанавливают и стабилизируют высокотемпературную вязкость моторного масла, обеспечивают защиту узлов трения двигателя при высоких нагрузках, предотвращает падение вязкости моторного масла при частых пусках холодного двигателя. Для обеспечения длительной работы ДВС необходимо, чтобы эти присадки в работающих маслах не толь-

ко поддерживали во взвешенном состоянии мелкодисперсные нерастворимые в масле примеси, но и выносили из трибосопряжений продукты износа и абразивные частицы, тем самым предотвращая рост вязкости масла за счет уменьшения количества нерастворимых в масле продуктов.

Основными причинами потери работоспособности этих присадок являются: загрязнение масла охлаждающей жидкостью, разбавление масла топливом, загрязнение масла нерастворимыми механическими примесями в количестве, превышающем возможности действия присадок.

Снижение МДС (потеря работоспособности моющих, диспергирующих и стабилизирующих присадок) приводит к увеличению размеров (коагуляции) частиц нерастворимых загрязнений и их отложению на поверхности деталей ДВС, в том числе газораспределительного механизма, маслопроводов, а также происходит их осаждение в виде низкотемпературного шлама на дно картера. Одновременно эти процессы снижают эффективность отвода тепла от деталей шатунно-поршневой группы, что приводит к ухудшению их смазывания и повышению вероятности задира рабочих поверхностей трибосопряжений. Масло, утратившее МДС, не может обеспечить выполнение требований, предъявляемых к моторным маслам, а, следовательно, функционирование ДВС в штатном режиме, и должно быть признано неработоспособным.

Одним из наиболее распространенных и простых методов определения МДС и загрязненности моторного масла является метод «капельной пробы» – метод *Blotter Spot*, заключающийся в нанесении капли работающего масла на фильтровальную 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 [1], 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*.

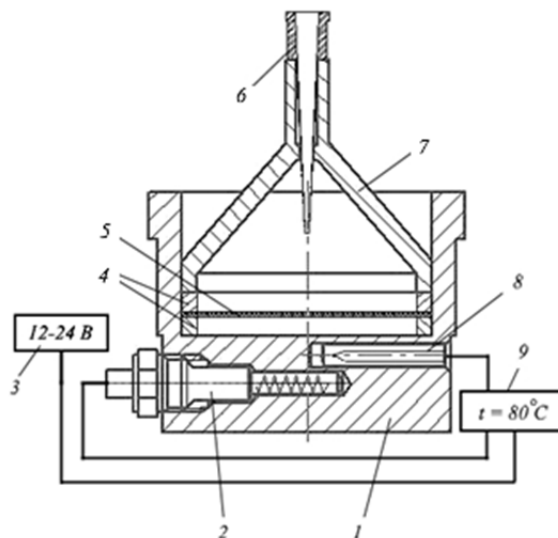
Метод *Blotter Spot* является наиболее информативным органолептическим методом исследования состояния работающего моторного масла непосредственно в полевых условиях. На бумажной хроматограмме в сформированном масляном пятне выделяют четыре зоны [2]: зона ядра; зона диффузии; зона воды; зона топлива.

Для реализации метода «капельной пробы» при определении МДС моторного масла нами разработано устройство (рисунок 1), состоит из цилиндрического тигля 1 с внутренней цилиндрической полостью, электронагревателя в виде свечей накаливания 2, термодары 8 и аккумулятора 3,

подключенных к системе контроля и регулирования температуры 9 в тигле 1, набора держателей бумаги 4 в виде колец, между которыми размещена фильтровальная бумага 5, фиксатора капельницы 7 с отверстием для жесткого крепления капельницы 6 по центру цилиндрического тигля 1 на фиксированном расстоянии от фильтровальной бумаги 5, фиксатор капельницы 7 установлен как минимум на двух держателях бумаги 4, между которыми располагается фильтровальная бумага 5, при этом наружные диаметры фиксатора капельницы 7 и держателей бумаги 4 равны внутреннему диаметру полости цилиндрического тигля 1.



*a*



*б*

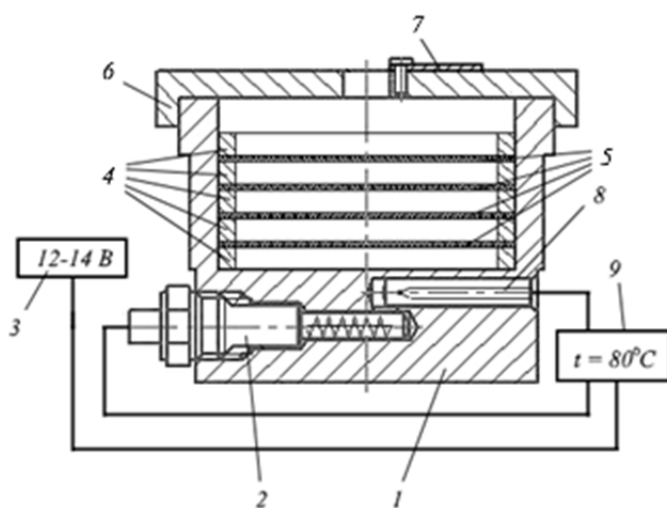
Рисунок 1 – Электротигель для реализации экспресс-теста определения МДС моторного масла (нанесение капли):

*a* – внешний вид; *б* – схема

Для получения хроматограмм методом «капельной пробы» при определении МДС моторного масла устройство (рисунок 2) состоит из цилиндрического тигля 1 с внутренней цилиндрической полостью, электронагревателя в виде свечей накаливания 2, термопары 8 и аккумулятора 3, подключенных к системе контроля и регулирования температуры 9 в цилиндрическом тигле 1, крышки 6 с центральным отверстием и заглушкой 7 открывающей центральное отверстие, набора держателей бумаги в виде колец 4, между которыми располагается фильтровальная бумага 5.



*a*



*б*

Рисунок 2 – Электротигель для реализации экспресс-теста определения МДС моторного масла (получение хроматограмм): *a* – внешний вид; *б* – схема

Для реализации метода «капельной пробы» при определении МДС моторного масла устанавливают на дно цилиндрического тигля *1* два кольца держателя бумаги *4*, между которыми располагают фильтровальную бумагу *5*, устанавливают на верхнее кольцо держателей бумаги *4* фиксатор капельницы *7* с отверстием для жесткого крепления капельницы по центру цилиндрического тигля *1* на фиксированном расстоянии от фильтровальной бумаги *5*, равном 12,5 мм, при помощи капельницы *6* наносят каплю моторного масла объемом 15 мкл (см. рисунок 1). Удаляют фиксатор капельницы *7* и капельницу *6* из цилиндрического тигля *1*, на верхнем кольце держателей бумаги *4* располагают фильтровальную бумагу *5* и третье кольцо держателей бумаги *4*, устанавливают на него фиксатор капельницы *7* и капельницу *6* и аналогично наносят каплю моторного масла. В рассматриваемом примере устройство позволяет разместить в цилиндрическом тигле *1* четыре образца фильтровальной бумаги *5* между пятью кольцами держателей бумаги *4*. Закрывают цилиндрический тигель *1* крышкой *6* с центральным отверстием и заглушкой *7*, открывающей центральное отверстие, устанавливают систему контроля и регулирования температуры *9* на температуру  $80 \pm 5$  °С (см. рисунок 2). Время установления температуры цилиндрического тигля *1* до заданной температуры составляет 4 мин. Процесс формирования хроматограмм на фильтровальной бумаге *5* осуществляется в течение 30–40 мин.

Исследования по разработанной методике с использованием новой оснастки к универсальному электротиглю проводили на моторном масле марки Лукойл Авангард с наработкой 0, 30, 100 и 150 ч. Полученные хроматограммы представлены на рисунке 3.

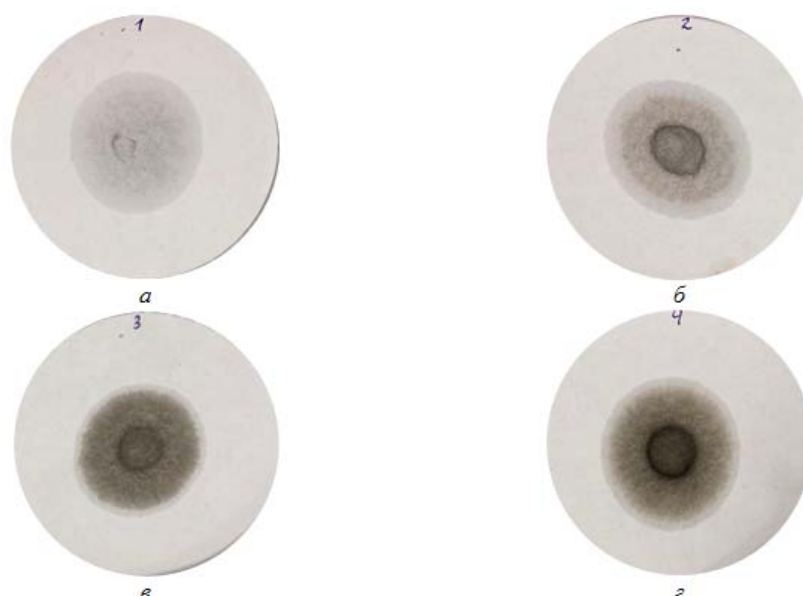


Рисунок 3 – Хроматограммы моторного масла марки Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой:  
а – 0 ч; б – 30 ч; в – 100 ч; г – 150 ч

На полученных хроматограммах (рисунок 4) измеряли диаметры ядра и диффузионной зоны и проводили оценку моюще-диспергирующих свойств по показателю диспергирующей способности ДС моторного масла по формуле:

$$ДС = 1 - \frac{d^2}{D^2},$$

где  $d$  – диаметр ядра;  $D$  – диаметр диффузионной зоны.

Результаты расчета диспергирующей способности марки Лукойл Авангард 10W40 представлены в таблице.

Таблица 1 – Диспергирующая способность ДС моторного масла марки Лукойл Авангард 10W40 от наработки

Наработка, ч	0	30	100	150
ДС	1,00	0,77	0,65	0,62

Анализ полученных результатов (таблица 1) показывает, что исследуемые масла являются работоспособными по показателю диспергирующей способности.

Анализ изменения интенсивности цвета ядра и зоны диффузии с увеличением наработки моторного масла (см. рисунок 3) свидетельствует о повышении количества сажи, продуктов срабатывания присадок, нерастворимых продуктов окисления и механических частиц различного происхождения.

На рисунке 4 представлены хроматограммы моторного масла при рассмотрении «на просвет».

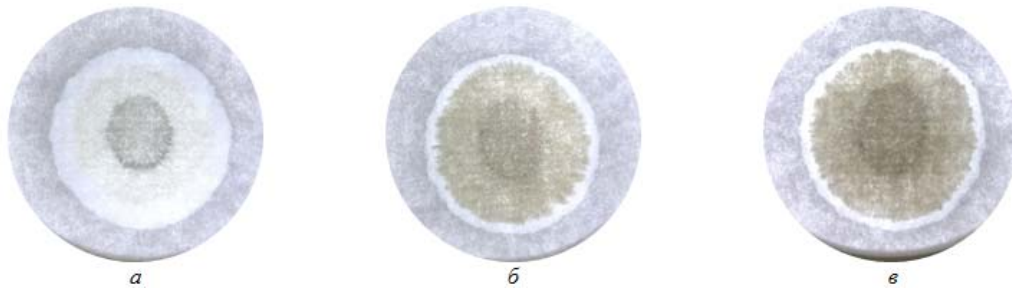


Рисунок 4 – Хроматограммы «на просвет» моторного масла марки Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой: а – 30 ч; б – 100 ч; в – 150 ч

Отсутствие светлого ореола (рисунок 5, а), окружающего зону диффузии, свидетельствует об отсутствии топлива в моторном масле с наработкой 30 ч, а его присутствие (рисунок 5, б, в) – о наличии топлива. Чем больше толщина ореола, тем больше топлива в моторном масле.

Полученные результаты по наличию топлива в моторном масле позволяют сделать заключение о нарушении работы топливной системы.

Разработанная методика экспресс-тестирования моторного масла методом «капельной пробы» с применением универсального электротигля с разработанными новыми приспособлениями может быть рекомендована для использования в полевых условиях АПК.

#### Список литературы

1. Реактивы. Метод бумажной хроматографии: ГОСТ 28365-89. – Введ. 01.01.91. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 8 с. – Текст: непосредственный.
2. Патент 2649095. Российская Федерация. Способ и устройство для анализа масел и технических рабочих жидкостей и для квалифицированной оценки рабочих состояний элементов: – Оpubл. 29.03.2018 / Г. Хорстмейер. – Текст: непосредственный.

УДК 621.923

### ПРИМЕНЕНИЕ СИНЕРГИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ СЛОЖНОПРОФИЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

*Руселевич Марк Леонидович, студент-бакалавр  
Сергеев Леонид Ефимович, науч. рук., к.т.н., доцент  
БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

*Аннотация:* уровень проведенных исследований магнитно-абразивной обработки сложнопрофильных поверхностей позволил разра-