

АНАЛИЗ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЬЦЕВЫХ ЗОН ХРОМАТОГРАММ МОТОРНОГО МАСЛА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ «КАПЕЛЬНОЙ ПРОБЫ» ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ

Проблема обеспечения эксплуатационной надежности двигателей внутреннего сгорания, которые являются одними из наиболее сложных и дорогостоящих агрегатов автотракторной техники, не может быть решена без объективной и достоверной информации по отказам и неисправностям его технических систем. Источником такой информации может быть работающее моторное масло [1]. В процессе работы ДВС в масле генерируются продукты старения самого масла (сажистые частицы), продукты износа трибосопряжений, из-за неисправности системы воздухоочистки попадают абразивные частицы (пыль), из-за нарушения работы систем топливоподачи и охлаждения – топливо, вода и охлаждающая жидкость.

Одним из наиболее распространенных и простых методов контроля изменения свойств моторного масла в процессе работы ДВС является метод «капельной пробы» – метод *Blotter Spot*. Это метод заключается в нанесении капли работающего масла на фильтровальную бумагу, впитывании и растекании капли, и последующем анализе полученного масляного пятна – хроматограммы.

На бумажной хроматограмме в сформированном масляном пятне выделяют следующие зоны: ядро, в котором осаждаются частицы механических примесей, не способные проникать в поры фильтровальной бумаги; краевая зона ядра, образованная малорастворимыми в масле органическими примесями; зона диффузии, в которой располагаются мелкие частицы механических примесей, способные проникать в поры бумаги, и характеризующая основные эксплуатационные свойства масла – его моющую и диспергирующую способности; зона топлива, ширина которой зависит от количества несгоревшего топлива, проникшего в масло. Кроме того, ломаная, зигзагообразная граница между зоной диффузии и зоной топлива свидетельствует о наличии воды или охлаждающей жидкости в работающем моторном масле. Анализ формы, размеров и очертания этих зон позволяет сделать вывод как о состоянии самого масла, так и проанализировать работу ДВС и его систем.

Таким образом, метод «капельной пробы» является наиболее информативным органолептическим методом исследования состояния работающего моторного масла, однако, для его реализации не существует единого мнения в методиках осуществления [2]. В частности, в литературе

отсутствует однозначное решение по выбору температурно-временных режимов формирования масляного пятна на фильтровальной бумаге.

Так, одни авторы предлагают наносить каплю масла при комнатной температуре с последующей сушкой масляного пятна в течение 3–4 часов [3], а другие – в течение 10 мин [4]. В работе автор [5] считает целесообразным осуществлять сушку масляного пятна при температуре 160 °С в течении 10 мин. Такое расхождение в подходах к реализации метода «капельной пробы» вызывает сомнение о возможности формирования зон на хроматограммах, однозначно характеризующих состояние работающего моторного масла.

Целью настоящей работы является оценка влияния температуры и времени на процесс формирования кольцевых зон масляного пятна при реализации метода «капельной пробы».

В качестве объекта исследований выбрано моторное масло марки Лукойл Авангард с наработкой 30 ч работающего ДВС Д-260.4S2 трактора Беларус-2022.3.

Для реализации метода в качестве фильтровальной бумаги использовали офисную бумагу *SvetoCopy* (ГОСТ Р 57641–2017), выбор которой обоснован в работе [6-8]. Нанесение капли масла осуществляли при помощи одноканальной микропипетки *JOANLAB* с регулируемым объемом 10–50 мкл. Для сушки масляного пятна использовали сушильный шкаф марки ШС-80-01-СПУ, а для фиксации изображений – камеру мобильного телефона.

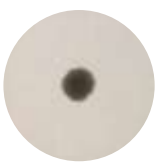
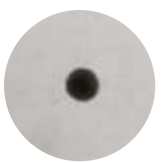
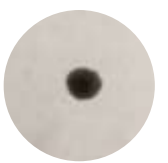
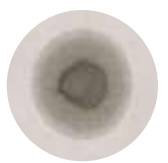
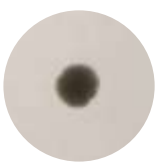
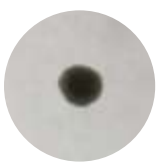
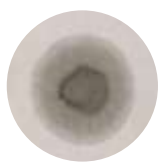
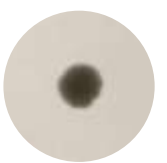
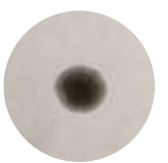
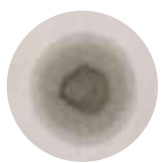
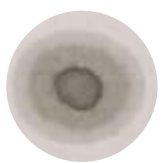
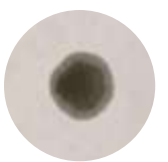
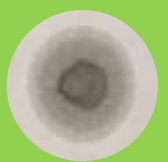
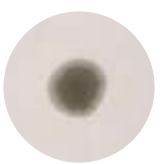
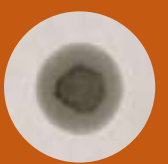
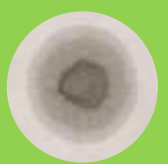
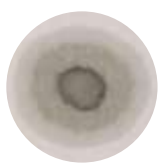
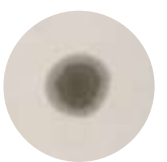
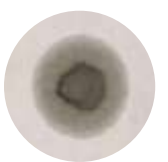
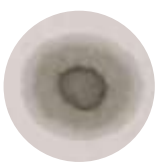
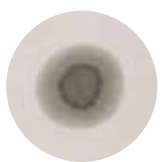
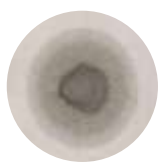
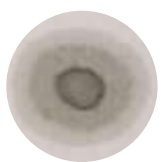
Исследование процесса формирования масляного пятна осуществляли при комнатной температуре и при температурах 60 и 100 °С. Для реализации двух последних случаев использовали сушильный шкаф, в который помещали фильтровальную бумагу с нанесенной при помощи микропипетки каплей исследуемого масла объемом 15 мкл с высоты 12,5 мм.

Слежение за процессом растекания капли (формирование кольцевых зон) проводили путем фиксации изображений масляного пятна при помощи камеры мобильного телефона через определенные промежутки времени: 0, 1, 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 и 80 мин.

Результаты проведения исследований растекания капли моторного масла на фильтровальной бумаге при различной температуре сушки масляного пятна, зафиксированные в различные моменты времени t , представлены таблице, в которой окончательное формирование ядра на хроматограмме обозначено желтым цветом, краевой зоны ядра – коричневым, а зоны диффузии и зоны топлива – зеленым. Анализ изображений, полученных при различных температурах, показал, что формирование зон на хроматограммах происходит по-разному за различные промежутки времени. Так, формирование ядра при 20 °С завершается на 5 мин, в то время как при 60 °С – на 2 мин, а при 100 °С – на 1 мин. Краевая зона ядра образуется при 20 °С на 30 мин, при 60 °С – на 10 мин, а при 100 °С – на 5 мин. Образование и рост зон диффузии и топлива происходит одновременно и окончательное их формирование зафиксировано только при

температурах 60 и 100 °С, соответственно, в временном интервале 60–70 мин и 30–40 мин.

Таблица – Растекание капли моторного масла при различных температурах τ

τ , мин	Температура сушки t , °С			τ , мин	Температура сушки t , °С		
	20	60	100		20	60	100
0				30			
1				40			
2				50			
5				60			
10				70			
20				80			

При комнатной температуре (20 °С) образование зон диффузии и топлива в рассматриваемом промежутке времени 0–80 мин не обнаружено. Для анализа дальнейшего поведения масляного пятна при этой температуре проведены дополнительные исследования в временном интервале 2–48 ч (рисунок).

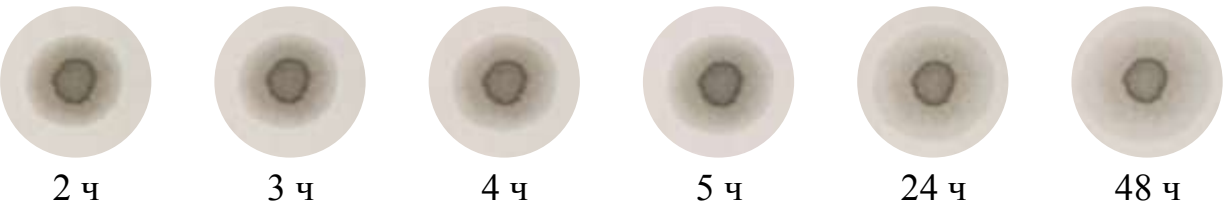


Рисунок – Хроматограммы масляного пятна при температуре 20 °С в различные промежутки времени

Анализ изображений, представленных на рисунке, показывает, что формирование четких границ зон диффузии и топлива не наблюдается во всем временном интервале исследований, причем изображение зоны диффузии практически полностью исчезает после 24 ч наблюдения.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что реализацию метода «капельной пробы» моторного масла, позволяющего оценивать формирование зон на хроматограмме, необходимо осуществлять при температурах 60–100 °С в течение 40–60 мин.

Библиографический список

1. Вахрушев, В.В. Обоснование номенклатуры квалификационных показателей для экспресс-оценки качества работающего моторного масла / В.В. Вахрушев, А.Е. Немцев, Н.М. Иванов // «Агронаука-2020»: труды международной научной онлайн-конференции, Новосибирск, 05–06 ноября 2020 года. – Новосибирск: ГПНТБ СО, 2020. – С. 226-234.

2. Корнеева, В.К. Метод «Капельной пробы» – основной полевой тест оценки качества моторного масла / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, И.В. Закревский // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России: мат-лы II Международной научной конференции / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2022. – С. 77-82.

3. 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.

4. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учебное пособие / В.В. Остриков [и др.]. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 304 с.

5. Гурьянов, Ю.А. Экспресс-методы и средства диагностирования агрегатов машин по параметрам масла: дисс. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / Ю.А. Гурьянов. – Челябинск, 2007. – 371 л.

6. Корнеева, В.К. Выбор фильтрующей подложки для оценки работоспособности моторного масла методом «Капельной пробы» / В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, И.В. Закревский, А.Г. Кузнецов, П.М. Спиридович, А.Н. Рыхлик // Агропанорама. – 2022. – № 2. – С. 36-42.

7. Королев, А.Е. Оценка качества обкатки двигателей / А.Е. Королев, Е.И. Мамчистова, А.Н. Бачурин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2015. – № 2(26). – С. 56-60.

8. Патент на полезную модель № 101099 U1 Российская Федерация, МПК F02M 61/00. Распылитель бесштифтовой форсунки для масляного биотоплива : № 2010138138/06 : заявл. 14.09.2010 : опубл. 10.01.2011 / Н. В. Бышов, В. М. Корнюшин, А. Н. Бачурин, М. В. Жигунов ; заявитель ФГБОУ ВПО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".