

**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОСКОПИИ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ЧИСТОТЫ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ**

В процессе эксплуатации моторного масла под действием окружающего воздуха, температуры и давления происходит так называемое «старение» масла. Этот процесс включает в себя изменение свойств масел за счет окисления, разложения, полимеризации и конденсации углеводородов масла, а также образования сажи (неполного сгорания), разжижения горючим и обводнения [1]. Кроме того, при эксплуатации масло соприкасается с неметаллическими и металлическими материалами топливной системы автомобиля из-за чего в нем появляются механические примеси. Все эти процессы приводят к ухудшению эксплуатационных свойств масел и, соответственно, к необходимости их замены через определенный срок. На практике заводы-изготовители устанавливают ресурс моторных масел по пробегу или наработке в часах. Однако, в зависимости от зимних и летних условий эксплуатации техники процессы старения масел происходят с разной скоростью и их ресурс может быть не выработан полностью. Поэтому интерес представляет разработка доступных, экспрессных методов оценки ресурса моторных масел.

На практике [2, 3] остаточный ресурс моторных масел оценивают по изменению вязкости, щелочного числа и остаточному содержанию металлов и присадок методом ИК-спектроскопии (ГОСТ 60666, ASTM E2412). В работах [4, 5] предложено проводить оценку масел с помощью фотометрического определения коэффициента поглощения светового потока, определения содержания механических примесей, выделенных с помощью центрифуги, и испытания на трехшариковой машине трения со схемой «шар-цилиндр» противоизносных свойств масел. Все эти способы оценки остаточного ресурса масла требуют специфического оборудования и затратны по времени. Одним из доступных способов оценки загрязнений в масле является микроскопия. Данный метод позволяет визуально определить присутствие в масле механических примесей, их величину и распределение.

Целью работы являлось изучение распределение частиц в отработанном масле и продуктах его очистки и оценка возможности применения метода микроскопии для оценки чистоты моторных масел. В качестве объектов исследования выбраны образцы отработанного масла, как образец сравнения использовали чистое масло до эксплуатации. Суть метода заключается в определении степени загрязненности твердыми

частицами масел путем подсчета частиц на поверхности мембранного фильтра. В качестве фильтрующего элемента использовали мембранный фильтр FilterBio PTFE Membrane Filter с размером пор 0,45 мкм. Равный объем масел разбавляли в 20-кратном избытке гексана и фильтровали. После испарения растворителя изучали поверхность фильтра на равномерность распределения частиц без перекрытия частиц. В случае, если частицы перекрывают друг друга необходимо увеличить разбавление исходной пробы. Изучали не менее 10 областей фильтра равного размера (1,27мм×0,97 мм), после чего подсчитывали количество и размер частиц в каждой области. Для подсчета частиц в пробе частицы классифицировали на требуемые размерные интервалы (5-15, 15-25, 25-50, 50-100 и более 100 мкм). Расчет числа частиц, N , размером больше выбранного определяли по формуле:

$$N = \frac{A \cdot n \cdot 10^5}{f \cdot L \cdot W \cdot V} \cdot 100,$$

где A – рабочая зона фильтрования мембранного фильтра, мм²;

n – подсчитанное число частиц больше выбранного размера;

f – число подсчитанных единичных зон;

10^5 – фактор нормализации использования единиц измерения;

L – длина единичной зоны, мм;

W – ширина единичной зоны, мкм;

V – объем отфильтрованной жидкой пробы, мл;

100 – объем пробы, к которому относят результат подсчета, мл.

По полученным данным распределения частиц можно определить класс чистоты масла (NAS 1638) и, соответственно, оценить возможность применения отработанного масла для дальнейшего использования. Установлено, что в чистом моторном масле (до эксплуатации) преобладают частицы размером 5-15 мкм число которых составило 7880. Такое масло соответствует 6 классу чистоты по классификации NAS 1638. В наиболее загрязненном отработанном масле наблюдается большое скопление частиц размером до 25 мкм, что по классификации соответствует 12 классу чистоты. В очищенном отработанном масле наблюдается следующие распределения частиц на 5-15, 15-25 и 25-50 мкм и число частиц составляет 39500, 14500 и 13600. Такое распределения частиц соответствует 7-8 классу чистоты.

Таким образом в работе показана возможность применения микроскопии для построения распределения частиц и оценки класса чистоты отработанных масел согласно классификации NAS 1638. Метод микроскопии позволяет оценить размер и распределение механических примесей в отработанном масле, что может быть использовано для прогнозирования остаточного ресурса моторного масла.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь (грант ГБ 24-042 «Разработка способа переработки отработанных моторных масел с целью получения экологически безопасных масел-мягчителей для резинотехнической промышленности»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбачева О.М. Анализ проблемы очистки отработанных масел / О.М. Горбачева, А.С. Боровский // Компьютерная интеграция производства и ИПИИ-технологии: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. – Оренбург, 2017. – С. 400-403.
2. Корнеев С.В. Изменение характеристик моторного масла при эксплуатации двигателей CUMMINS автобусного парка г. Омск / С.В. Корнеев, С.В. Пашукевич, А.С. Савоськин, И.И. Ширлин // Вестник СибАДИ. – 2017. – Выпуск 2 (54). – С. 66-70.
3. Науменко А.М. Изменение диэлектрических характеристик моторного масла в процессе эксплуатации / А.М. Науменко, Д.А. Темкин // Материалы и технологии. – 2023. – № 2 (12). – С. 6-11.
4. Верещагин В.И. Методика оценки ресурса моторных масел / В.И. Верещагин, Б.И. Ковальский, А.С. Попов // Вестник КрасГАУ. – 2007. – № 6. – С. 169-173.
5. Ковальский Б.И. Методика контроля состояния моторных масел в процессе эксплуатации двигателей внутреннего сгорания / Б.И. Ковальский, В.Г. Шрам // Вестник ТГУ. Технические и физико-математические науки. – 2013. – № 3. – С. 95-100.