

Р.Г. Нигматуллин, д.т.н., профессор, Шмельков Д.А., аспирант

ООО «Химмотолог», УГАТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Экспресс-диагностика комбайнов по анализу работающего масла

Введение

В 2003 году во время уборки урожая в одиннадцати районах Республики Башкортостан вышли из строя комбайны из-за некачественного масла. Механизатор в Миякинском районе на ощупь определил некачественное моторное масло, залитое в картер комбайна перед уборкой урожая. В заводской лаборатории установили нижний предел показателя – щелочное число, т.е. формально оно соответствовало техническим условиям на масло, но проработав в комбайне 240 часов (вместо положенных 500), потеряло работоспособность. Аварию двигателя можно было бы предотвратить, если бы через 100-200 часов его работы проанализировали качество масла и установили его низкий ресурс. В данном случае масло перестало выполнять моюще-диспергирующие и нейтрализующие функции. Двигатель стал перегреваться. С повышением температуры на 10°C скорость окисления масла увеличивается в два раза. Количество частиц износа, являющихся мощным катализатором окисления и абразивом, растет лавинообразно. Масло, призванное защищать двигатель, неся загрязнения, нанесло раны себе и деталям, распространяя, образно говоря, инфекции, которые в конце концов убили ДВС [1].

Произошедший случай массового выхода из строя сельскохозяйственной техники натолкнул на мысль о создании экспресс-устройства, позволяющего оперативно выявлять неисправности в технике, не выводя ее из работы. Мы назвали его маслотестером, который позволяет определить за 15 минут работоспособность масла по 8 показателям качества [2]. Маслотестер определяет вязкость, низкотемпературную вязкость (прокачиваемость масла и его пусковые свойства), плотность, содержание охлаждающей жидкости (воды), наличие продуктов износа и коррозионную активность масла, а также моюще-

диспергирующие свойства (ресурс масла) по капельной пробе. Маслотестер позволяет определить контрафактное масло, а также выявить неисправности систем питания, охлаждения, зажигания и смазки ДВС.

Методика исследования

Исследования проводили на устройстве для экспресс-анализа масла [3] (рис.1), которое позволяет определить качество смазочного материала за короткий промежуток времени.

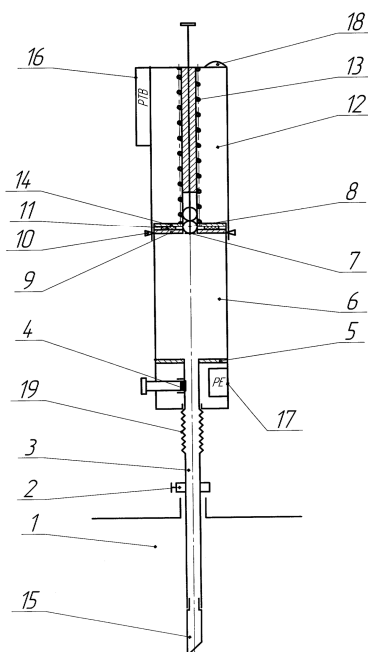


Рис. 1. Устройство для экспресс-анализа масла:

1 – картер двигателя; 2 – фиксатор; 3 – термостойкая трубка; 4 – съемный магнит; 5 – датчик электрической емкости; 6 – емкость; 7,8 – уплотнители; 9 – поршень со штоком; 10 – фиксатор рукоятки; 11 – термопара; 12 – рукоятка; 13 – пружина; 14 – конденсатор; 15 – медная трубка; 16 – регистратор времени и температуры; 17 – регистратор электрической емкости конденсатора; 18 – уровнемер; 19 – гибкая гофрированная трубка.

Работа устройства заключается в том, что в результате создания вакуума поршнем 9, приводимым в движение пружиной 13, через трубку 3, в цилиндрическую ёмкость поступает смазочный материал, проходящий через магнит 4. По времени заполнения ёмкости, в зависимости от диаметра трубки, вакуума, температуры и плотности, определяют степень разжижения

работающего смазочного материала продуктами неполного сгорания топлива, по наличию металлических включений на магните фиксируется процесс износа.

Устройство дополнительно содержит датчик емкости 17, расположенный в корпусе. По изменению ёмкости конденсатора [4] судят о наличии охлаждающей жидкости в смазочном материале.

Нижний конец термостатированной трубки имеет медное покрытие (или дополнительно закручивающуюся медную трубку 15) для определения коррозионного воздействия масла. Сравнивая потемнение поверхности медной трубки с эталоном, судят о коррозионной активности смазочного материала (1a- выдерживает, 2abc, 3abc, 4abc- не выдерживает) [5].

Моюще-диспергирующие свойства масла (наличие присадок) определяются по масляному пятну на фильтровальной бумаге. После нанесения капли масла на бумаге образуются 4 зоны в виде кругов [6]. Отсутствие второй зоны свидетельствует о наличии в масле воды и охлаждающей жидкости. Густое, черное, мажеобразное ядро с блестками металла, коричневое или желтое кольцо свидетельствуют о браковочном состоянии масла, оно подлежит замене.

Наличие в масле металлических намагничиваемых частиц, обнаруженное маслотестером, свидетельствует об износе узлов трения машины.

На сегодняшний день это наиболее объективный и наглядный экспресс-метод выявления износа и оценки его динамики. Он лишен недостатков известных методов, в соответствии с которыми анализируют предварительно отобранные пробы, в которых основная часть крупных частиц, образующихся в машине из-за износа, оседают на дне картера или в масляном фильтре. Кроме этого, распространенный анализ частиц износа масс-спектрометром способен исследовать количественно и качественно частицы износа, размер которых не превышает 10 мкм (частицы размером более 10 мкм не могут быть переведены в газообразное (атомарное) состояние).

Маслотестер позволяет увидеть частицы износа размером более 15 мкм, которые характерны для аварийного износа, а также определить вид и характер износа по их силуэту и форме.

Человеческий глаз способен видеть частицы износа размером более 100 мкм (а с помощью увеличительного стекла – 10 мкм и более) [6]. Частицы износа до 15 мкм образуются при нормальном износе. Поэтому, если на поверхности магнита при рассмотрении его через увеличительное стекло частицы износа не видны, значит, нет причин для беспокойства.

Полученные показатели измерений характеризуют работоспособность и процессы, проходящие в объекте диагностирования.

Вариантов изменения показателей качества масла может быть множество. Поэтому введён обобщенный показатель работоспособности масла (ОПРМ) [7] по пяти показателям качества масла, который позволяет судить о процессах происходящих в рассматриваемой системе: ДВС, редукторе, узле трения, масле. Идеальный случай, когда все пять показателей не изменяются. Если принять неизменившийся показатель за единицу (1), то обобщенный показатель работоспособности равен 5 (1+1+1+1+1). Если один из показателей становится браковочным, а остальные изменились в худшую сторону, то сопоставив их можно определить причины их изменения.

Для удобства при расчете обобщенного показателя, ухудшения показателей качества масла минусуем от единицы. Так увеличение и уменьшение времени истечения масла через термостойкую трубку в емкость приняли 2 сек. за - 0,01, соответственно 4 сек за - 0,02 и т.д.

Изменение плотности масла определяется двумя плотномерами. Первый плавает в свежем масле, второй тонет в свежем масле. Так если плотность уменьшилась, то оба плотномера тонут, если плотность увеличилась, то первый по ходу поршня не тонет. Уменьшение и увеличение плотности работающего масла принимаем за - 0,01, значительное изменение плотности за - 0,02;

Изменение электрической емкости на 1 пф - 0,01, на 2 пф и более - 0,02;

Наличие продуктов износа на магните примем за 0,01, наличие 2-х и более частиц - 0,02;

Коррозию на медную часть термостойкой трубки принимаем за - 0,01 при балле 2с, за - 0,02 при балле 3с, 0,03 и т.д.:

Условно принято (на основе проведенных экспериментов), что при значении ОПРМ 4,98 и менее, следует масло заменить, предварительно устранив причины ухудшения масла. В случае уменьшения или повышения уровня масла в картере на 5 мм от ОПРМ минусуется 0,01.

Результаты экспериментов и их обсуждение

В ходе исследования были продиагностированы комбайны иностранного и отечественного производства.

Пример 1. Моторное масло синтетическое SAE 5W40 (свежее) с вязкостью при 100°C 13 сСт разбавляют 2, 4, 6 % продуктами неполного сгорания бензина АИ-95 (имеющего начало кипения 90°C, а конец кипения 210°C) и используя устройство для экспресс-диагностики масла определяют время заполнения цилиндрической емкости, объемом 10 мл за счет вакуума создаваемого поршнем при температуре 20°C. Результаты измерения времени заполнения образцов масел с продуктами неполного сгорания указаны в таблице 1. Электрическая емкость масла SAE 5W40 составляет 21,2 пф.

Таблица 1

Содержание продуктов неполного сгорания бензина АИ-95 в моторном масле SAE 5W40, % (масс)	Время заполнения емкости, сек.
0	108
2	84
6	81

Пример 2. Моторное синтетическое масло SAE 5W40 из картера импортного комбайна работающего на бензине АИ-95. С использованием устройства определяют: время поступления масла в цилиндрическую емкость объемом 10 мл при вакууме создаваемом поршнем при температуре 20°C. Оно составило 83 сек., что соответствует согласно таблице 1 3,3 % продуктов неполного сгорания бензина АИ-95: баллы – 0,017. Наличие продуктов неполного сгорания в масле подтверждается также плотномерами (оба в виде шариков на

проволоке) потонули: баллы – (1-0,02); Электрическая емкость повысилась на 0,5пф по сравнению со свежим маслом: баллы – 0,005; На магните обнаружен продукт износа (1 частица): баллы – (1-0,01); Коррозии на медь нет: баллы – (1-0).

На основании полученных результатов рассчитываем обобщенный показатель работоспособности масла (ОПРМ), он составляет 4,948.

$$\text{ОПРМ} = (1-0,017) + (1-0,02) + (1-0,005) + (1-0,01) + 1 = 4,948$$

Уровень масла в картере увеличился на 4 мм. Изменений в ОПРМ не вносим.

Вывод: Масло следует заменить, предварительно устранив причину попадания топлива в масло (неисправности топливной аппаратуры или системы зажигания).

Пример 3. Дизельное минеральное масло М-10Г2К с вязкостью при 100°С 10,76 сСт разбавляют 4% и 6 % дизельного топлива (летнего) и, используя устройство, определяют время поступления дизельного масла в цилиндрическую емкость объемом 10 мл под вакуумом при температуре 20°С. Результаты экспериментов указаны в таблице 2. Замеряем электрическую емкость масла М-10Г2К, она составляет 21,5 пф.

Таблица 2

Содержание дизельного топлива (летнего) в масле М-10Г ₂ К, % (масс)	Время заполнения емкости, сек.
0	114
4	88,5
6	76
0,1 (сажи)	120

Пример 4. Дизельное масло М-10Г2К из картера двигателя работающего на дизельном топливе (летнее) отечественного комбайна. С использованием маслотестера определяют: время поступления 10 мл масла под вакуумом при температуре 20°С, которое составило 118 сек. Согласно таблицы 2 в работающем дизельном масле М-10Г2К топлива нет - это подтверждается всплыванием второго

тяжелого поплавка (имеющего удельный вес превышающий удельный вес свежего масла); на магните обнаружен продукт износа (1 частица); электрическая емкость повысилась на 1,5 пф по сравнению со свежим маслом, баллы (1-0,015); Коррозия на медной трубке составила 3с, баллы (1-0,02); обобщенный показатель (ОПРМ) составляет:

$$\text{ОПРМ} = (1-0,02)+(1-0,02)+(1-0,01)+(1-0,015)+(1-0,02)=4,925.$$

Вывод: Масло следует заменить, предварительно устранив причины сгорания топлива с образованием сажи, попадания охлаждающей жидкости из системы охлаждения (через нарушения герметичности, трещины и т.д.).

Пример 5. Экспресс-диагностика комбайна New Holland TX65 по работающему маслу 15W40 (5000 моточасов). Прогрели двигатель до 40°C. В ходе рассмотрения магнита были обнаружены частицы игольчатой структуры, видные невооруженным взглядом, значит в двигателе идет усталостный износ. Также была обнаружена вода. Электрическая ёмкость составила 22 пф. Коррозии на медной скобе нет. Показатель вязкости составил 116 с – это соответствует примерно 107 сСт при 40°C (при переводе с учетом коэффициента, зависящего от длины термостойкой трубки маслотестера). Показатель плотности 0,89 г/см³. Для подтверждения наличия воды был сделан капельный анализ пробы на фильтровальной бумаге (рис. 2). Рассмотрев пятна, обнаруживаем механические частицы, что подтверждает износ, а также ломаные, рваные края колец, что подтверждает наличие воды.



Рис. 2. Капельный анализ пробы на фильтровальной бумаге

Выводы: плотность, вязкость в норме, коррозии на меди нет. Но масло следует заменить, т.к. присутствуют механические примеси и вода. Необходимо устранить причины их попадания в масло. Возможные причины загрязнения масла: 1) нарушение работы системы очистки воздуха от пыли (питания); 2) нарушение работы масляного фильтра; 3) образование конденсата вследствие долгого простоя комбайна. Рекомендуется заменить масло.

Заключение

Полученные результаты исследования работающего моторного масла в ДВС экспресс-методом с помощью маслотестера разработанного в ООО «Химмотолог», подтверждают, что работающее масло является уникальным носителем достоверной информации о техническом состоянии узлов, агрегатов и систем двигателя автотехники [8].

Рассматриваемое в данной работе устройство и способы диагностики нефтепродуктов позволяют избежать преждевременного износа основных работающих частей двигателя, а также продлить ресурс, как самого масла, так и ДВС, в том числе контролировать состояние масла в течение всего срока службы, выявлять некачественное масло, что в совокупности является еще и важным фактором, способствующим сохранению экологии.

Список литературы

1. Нигматуллин Р.Г. ООО «Химмотолог»: «Маслотестер – поможет продлить жизнь автомобилю!» // Комсомольская правда. 20.04.2012. С. 13.
2. Нигматуллин Р.Г. О разжижении моторного масла // Авторынок. № 90. 2011. С. 3.
3. Патент на изобретение №23926072 «Способ и устройство для определения работоспособности смазочных материалов». Авторы: Нигматуллин Р.Г. и др.
4. Фарзани М.Г., Ильясов И.В., Азим-Заде А.Ю. «Технологические измерения и приборы», М., Высшая школа, 1989, с. 311.

5. Классификация эталонов коррозии // ГОСТ 2917-76. Масла и присадки. Метод определения коррозионного воздействия на металлы.

6. Нигматуллин Р.Г., Костенков Д.М. Как предотвратить поломку машины // Авторынок. № 20. 2011. С. 5.

7. Нигматуллин Р.Г. и др. Устройство для определения степени разжижения моторных масел топливом и выявления износа двигателя // Мир измерений. Выпуск № 4. 2011. С. 38-39.

8. Нигматуллин Р.Г. Как продлить жизнь автомобиля? // Авторынок. № 21. 2005. С. 5.