

### **3 ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС И ОХРАНА ТРУДА В АПК**

УДК 631.3-6

#### **АНАЛИЗ МЕТОДОВ СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ И ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ В МОТОРНОМ МАСЛЕ**

Авторы: И.С. Мотыль, студент; Е.В. Ковалевич, студент  
Научные руководители: В.М. Капцевич, д-р техн. наук, профессор;  
В.К. Корнеева, канд. техн. наук, доцент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Вода в моторном масле после механических примесей является вторым наиболее разрушительным загрязнителем. Вода может присутствовать в моторном масле в следующих трех состояниях: растворенная, эмульгированная и свободная [1–3].

Растворенная вода в моторном масле обычно содержится в небольшом количестве, которое зависит от типа и состояния базового масла, пакета присадок, содержания загрязняющих веществ и температуры. Так, новые высокочистые парафиновые масла, несодержащие присадок (кроме ингибитора окисления), содержат небольшое количество растворенной воды, а окисленное низкосортное масло, сильно насыщенное присадками и загрязнителями, будет растворять больший объем воды. С повышением температуры количество растворенной воды увеличивается, а с понижением – падает. Однако, с понижением температуры ниже точки насыщения, часть растворенной воды переходит в свободную или эмульгированную.

Эмульгированная вода считается наиболее опасной из-за ее большой площади контакта с маслом, а также способности переноситься маслом в трущиеся пары двигателя, разрушая при этом стабильную масляную пленку. Присадки, оксиды и загрязняющие вещества могут способствовать стабильному эмульгированию воды в масле. В зависимости от количества эмульгированной воды моторное масло имеет мутный или молочный вид.

Свободной считается вода, которая отделяется от масла из-за невозможности в большом количестве растворяться и эмульгироваться, а также из-за различий в плотности воды и масла (в моторном масле свободная вода будет оседать на дно картера).

Вода может попадать в двигатель и моторное масло, во-первых, из атмосферы через уплотнения и со свежим маслом; во-вторых, в процессе конденсации при работе двигателя; в-третьих, из системы охлаждения (вместе с антифризом) из-за негерметичности или износа уплотнений.

При попадании воды в масло происходит реакция гидролиза, приводящая к разрушению присадок и образованию вредных химически агрессивных соединений. Вода также действует как катализатор, способствующий окислению масла, особенно в присутствии химически активных металлов, таких как железо, медь и свинец.

Загрязнение масла водой приводит к засорению масляного фильтра, к недостаточной смазке, к увеличению трения и износа деталей двигателя.

Вода в свободном или эмульгированном состоянии уменьшает смазывающую способность масла, что приводит к преждевременному износу и выходу из строя подшипников, шестерен, поршней и др. деталей пар трения. Растворенная вода также может вызывать износ и отказ подшипников качения в результате водородного охрупчивания [1]. Кроме того, вода вызывает коррозию чугунных и стальных деталей.

Для определения наличия воды в моторном масле используют различные методы. Так, в чистую, предварительно высушенную пробирку из теплостойкого стекла заливают 2–3 мл тщательно перемешанного масла, а пробирку нагревают на спиртовке до температуры 100–110 °С [4]. При наличии воды происходит вспенивание масла, на стенках пробирки над поверхностью масла конденсируются капли воды.

Для определения количества воды в масле также используется метод, основанный на химическом взаимодействии его с некоторыми веществами, например, гидридом кальция. По количеству выделяющегося водорода при реакции гидрида кальция с содержащейся в масле водой делают вывод о количестве воды [5]. Опре-

делить количество воды, используя данный метод, можно также измерением количества выделившейся теплоты [6].

Сравнительно прост метод определения наличия и количества воды в масле с применением фотометрии и глицерина [5]. Глицерин поглощает воду, поэтому фотометрирование пробы масла до и после смешивания с глицерином изменяет показания фотометра.

Наиболее распространенным методом обнаружения воды в масле является кулонометрическое титрование по методу Карла Фишера (*KF*) [7]. Анализатор воды в масле Карла Фишера может давать очень точные и воспроизводимые результаты, если он выполняется опытным оператором, и является сравнительным методом для других аналитических методов определения воды. Также воду можно измерять в любом состоянии: растворенном, свободном или эмульгированном.

Наиболее перспективным методом измерения загрязнения воды является инфракрасная спектроскопия. Это широко используемое и общепринятое измерение без использования химикатов. В самом общем смысле спектроскопия – это исследование взаимодействия излучаемой энергии и вещества. Спектрометр состоит из источника излучения, детектора и компьютера или другого преобразователя сигнала детектора в полезную информацию. Исследуемый образец помещается между источником излучения и детектором. Вода сильно поглощает на определенной длине волны, и количество воды, содержащейся в образце масла, можно определить, проанализировав это поглощение.

Для проведения экспресс-метода наличия воды и оценки ее содержания в моторном масле наиболее известным и распространенным методом является метод испытания на треск [8, 9], заключающийся в нанесении 1–2 капель исследуемого масла на металлическую нагретую до температуры 160 °С поверхность и анализе поведения капли органолептическим методом (зрительное и слуховое восприятие) (рисунок). Если нет никаких изменений в структуре капли на нагретой поверхности в течение нескольких секунд, то в масле отсутствует свободная или эмульгированная вода (рисунок, *а*). В случае образования мелких пузырей (0,5 мм), которые быстро исчезают, содержание воды составляет 0,05–0,10 % (рисунок, *б*). При образовании пузырей, размер которых составляет  $\approx 2$  мм, и при перемещении к центру капли их размер увеличивает-

ся до 4 мм, содержание воды составляет 0,1–0,2 % (рисунок, в). При содержании воды более 0,2 % образуются пузыри размером 2–3 мм, которые увеличиваются до 4 мм (рисунок, г). Процесс образования пузырей может повториться. При большем содержании воды наблюдается сильное пузырение и треск.

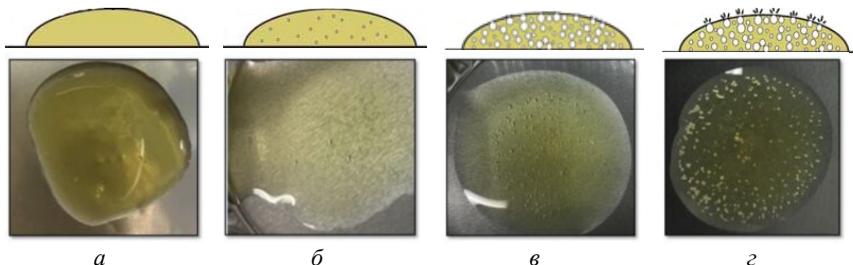


Рисунок – Результаты наблюдения за каплей

Известны способы [8, 9] реализации данного метода, когда в качестве нагретой поверхности используются пластина, закрепленная на паяльнике [8], электрическая плитка с гладкой поверхностью нагрева [9] и др. Недостатками таких устройств являются: сложность регулирования температуры в требуемом диапазоне; необходимость применения пирометра за контролем температуры поверхности; невозможность применения в полевых условиях, т.к. требуется подключение в сеть 230 В; сложность восприятия звука треска на плоской поверхности.

#### Список использованных источников

1. Fitch, J. Oil analysis basics / J. Fitch, D. Troyer. 2 Ed. – Tulsa: Noria Corporation, 2010. – 198 p.
2. Пашукевич, С.В. Классификация загрязнителей моторных масел для дизельных двигателей / С.В. Пашукевич // Вестник СибАДИ. – 2022. – Т.19. – № 1(83). – С. 84–100.
3. Колунин, А.В. Процесс обводнения моторного масла при прогреве двигателя камаз-740 в условиях отрицательных температур / А.В. Колунин [и др.] // Вестник СибАДИ. – 2015. – Выпуск 2 (42). – С. 11–14.
4. Зорин, В.А. Основы работоспособности технических систем: учебник для вузов / В.А. Зорин – Москва: ООО «Магистр-Пресс», 2005. – 536 с.

5. Ковальский, Б.И. Методология контроля и диагностики смазочных материалов, как элементов систем приводов многокомпонентных машин: дисс. ... д-ра техн. наук : 05.02.02 / Б.И. Ковальский. – Красноярск, 2005. – 417 л.

6. Лопатко, О.П. Методика оценки противоизносных свойств рабочих жидкостей объемных гидроприводов машин / В.Б. Лопатко, В.Б. Арсенов. – Минск: Институт проблем надежности и долговечности машин АН БССР, 1978. – 47 с.

7. Standard Test Method for Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer Titration: ASTM D6304-20. – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020. – 10 p.

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

9. Fitch, J.C. The Lubrication Field Test and Inspection Guide / J.C. Fitch // Noria Corporation. – 2000. – 36 p.

УДК 631.3-6

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ, СРЕДСТВ И ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА МОТОРНЫХ МАСЕЛ КОМПАНИИ «ХИММОТОЛОГ» (РФ)**

Авторы: И.С. Мотыль, студент; Е.В. Ковалевич, студент  
Научные руководители: В.М. Капцевич, д-р техн. наук, профессор;  
В.К. Корнеева, канд. техн. наук, доцент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Известно [1], что доля трудоемкости работ по оценке качества масла стандартными методами в условиях предприятия составляет от общей трудоемкости ТО для тракторов 27–40 %, для автомобилей – 36–47 %, для комбайнов – 81–109 %. В среднем для общехозяйственных машин эта доля составляет 39–53 %. Если анализ масел осуществляется в специализированных лабораториях, то доля составляет для тракторов 80 %, для автомобилей – 94 %, для комбайнов – 218 %. Эти данные позволяют утверждать, что трудоемкость мониторинга