

## **ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАЛИЧИЯ ВОДЫ В МОТОРНОМ МАСЛЕ**

**Корнеева В.К., к.т.н., доцент, Капцевич В.М., д.т.н., профессор,  
Закревский И.В.**

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный  
технический университет»*

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

Растворенная вода в моторном масле обычно содержится в небольшом количестве. Ее количество зависит от типа и состояния базового масла, пакета присадок, содержания загрязняющих веществ и температуры. С повышением температуры количество растворенной воды увеличивается, а с понижением – падает. Однако, с понижением температуры ниже точки конденсации, 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 трущееся пары двигателя, разрушая при этом стабильную масляную пленку. Присадки, оксиды и загрязняющие вещества могут способствовать стабильному эмульгированию воды в масле.

Свободной считается вода, которая отделяется от масла из-за невозможности в большем количестве растворяться и эмульгироваться, а также из-за различий в плотности воды и масла. В минеральном масле свободная вода будет оседать на дно поддона, а в синтетических маслах – будет перемещаться вверх и находиться в свободном подвижном состоянии.

Вода, так же, как и механические примеси, может попадать в двигатель и моторное масло различными путями: из атмосферы через уплотнения, вентиляционные отверстия, люки резервуара и

со свежим маслом; в процессе конденсации при работе двигателя; 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.

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.

**Основная часть.** Для определения наличия воды в моторном масле используют различные методы. Так, в предварительно высушенную пробирку из теплостойкого стекла заливают 2–3 мл тщательно перемешанного масла и нагревают на спиртовке до температуры 100–110 °С [2]. При наличии воды происходит вспенивание масла, а 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 [3]. Определить количество воды, используя данный метод, можно также измерением количества выделившейся теплоты [4].

Сравнительно прост метод определения наличия и количества воды в масле с применением фотометрии и глицерина [3]. Глицерин поглощает воду, поэтому фотометрирование пробы масла до и после смешивания с глицерином изменяет показания фотометра.

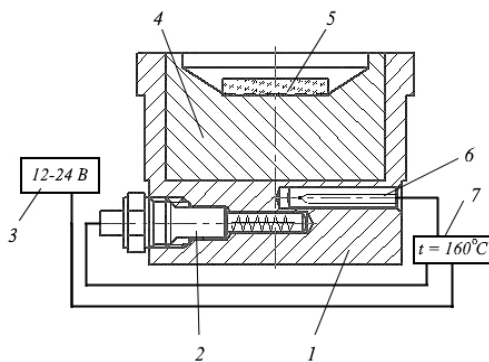
Наиболее распространенным методом обнаружения воды в масле является кулонометрическое титрование по методу Карла Фишера (*KF*) [5]. Анализатор воды в масле Карла Фишера может давать очень точные и воспроизводимые результаты, если он

выполняется опытным оператором, и является сравнительным методом для других аналитических методов определения воды. Также воду можно измерять в любом состоянии: растворенном, свободном или эмульгированном.

Для проведения экспресс-метода наличия воды и оценки ее содержания в моторном масле нами выбран метод испытания на треск, 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). Если нет никаких изменений в структуре капли на нагретой поверхности в течение нескольких секунд, то в масле отсутствует свободная или эмульгированная вода. В случае образования мелких пузырей (0,5 мм), которые быстро исчезают, содержание воды составляет 0,05– 0,10 %. При образовании пузырей, размер которых составляет  $\approx 2$  мм, и при перемещении к центру капли их размер увеличивается до 4 мм, содержание воды составляет 0,1–0,2 %. При содержании воды более 0,2 % образуются пузыри размером 2–3 мм, которые увеличиваются до 4 мм. Процесс образования пузырей может повториться. При большем содержании воды наблюдается сильное пузырение и треск.

Известны способы [6, 7] реализации данного метода, когда в качестве нагретой поверхности используются пластина, закрепленная на паяльнике [6], электрическая плитка с гладкой поверхностью нагрева [7] 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.

Для контроля наличия воды в моторном масле в разработанный и изготовленный нами электротигель 1 дополнительно устанавливались специальные приспособления (рисунок 1): цилиндрическая вставка 4 с внутренней полостью в виде усеченного конуса и визуализирующее стекло в виде диска 5, располагаемое на дне полости цилиндрической вставки.



а



б

Рисунок 1. – Электротигель со специальными приспособлениями для определения наличия и количества воды в моторном масле: а – схема; б – внешний вид; 1 – электротигель; 2 – свеча накаливания; 3 – аккумулятор; 4 – цилиндрическая вставка; 5 – визуализирующее стекло; 6 – термopара; 7 – система контроля и регулирования температуры

Вставка с внутренней полостью в виде усеченного конуса работала как рупор: звуковые волны не рассеивались во все стороны, а образовывали узконаправленный пучок, за счет чего мощность звука схлопывания пузырьков водяного пара в ММ увеличивалась, и он распространялся на большее расстояние, что было зафиксировано с помощью звукозаписывающих устройств (мобильного телефона). Дополнительная установка визуализирующего стекла на дне вставки позволяла получать информацию за счет интерференции светового потока об отсутствии пузырьков, а при их наличии наблюдать за зарождением, ростом, слиянием и схлопыванием в виде, удобном для зрительного наблюдения с одновременной фиксацией фото- и видеоизображения с помощью видеокамеры.

Для контроля наличия воды в моторном масле устанавливалась система контроля и регулирования температуры на температуру  $160 \pm 5$  °С. Тщательно перемешанная проба свежего моторного масла Лукойл Авангард 10W40 наносилась в количестве одной-двух капель на визуализирующее стекло и проводилось наблюдение за их поведением на нагретой поверхности. Фиксация процесса осуществлялась при помощи видеокамеры (рисунок 2).

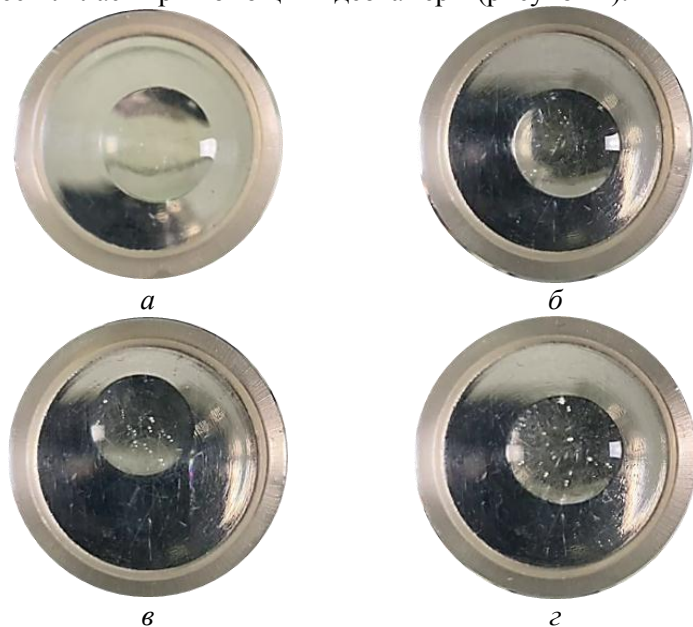


Рисунок 2. – Результаты апробации определения наличия воды в свежем моторном масле марки Лукойл Авангард 10W40 с различным количеством искусственно введенной воды: *а* – 0,0 %; *б* – 0,1 %; *в* – 0,2 %; *г* – 0,4 %

Анализ видеонаблюдения эксперимента показал отсутствие зарождения и роста паровых пузырьков в моторном масле (рисунок 2, *а*), что свидетельствовало об отсутствии в нем воды и охлаждающей жидкости. Для подтверждения работоспособности экспресс-теста нами было проведено дополнительное исследование, заключающееся в искусственном введении воды в свежее моторное масло Лукойл Авангард 10W40 в количествах 0,1 % (рисунок 2, *б*), 0,2 % (рисунок 2, *в*) и 0,4 % (рисунок 2, *г*).

**Заключение.** Анализ видеонаблюдения процесса показал, что при введении в масло воды в количестве 0,1 % происходит образование мелких пузырей размерами порядка 0,5 мм (рисунок 2, б) (на видеозаписи видно, что эти пузыри быстро исчезают), при введении воды в количестве 0,2 % происходит образование более крупных пузырей размерами порядка 2 мм (рисунок 2, в) (на видеозаписи видно, что они перемещаются к центру капли и увеличиваются в размере), при введении воды в количестве 0,4 % происходит образование пузырей размером до 3 мм (рисунок 2, г) (на видеозаписи видно, что они увеличиваются в размере, процесс образования пузырей повторяется, происходит выплеск масла на стенки конической вставки, а аудиозапись фиксирует треск).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Fitch, J. Oil analysis basics / J. Fitch, D. Troyer. 2 Ed. – Tulsa: Noria Corporation, 2010. – 198 p.

2. Зорин, В.А. Основы работоспособности технических систем: учебник для вузов / В.А. Зорин – Москва: ООО «Магистр-Пресс», 2005. – 536 с.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. 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.

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