

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ В МОТОРНОМ МАСЛЕ

*В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, И.В. Закревский, Е.В. Ковалевич, В.В. Остриков*

Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

**Аннотация:** предложена новая конструкция устройства для определения наличия и количества воды в моторном масле, позволившая более четко визуализировать процесс зрительного и слухового восприятия за поведением пузырьков водяного пара.

**Ключевые слова:** моторное масло, вода, электротигель, коническая вставка, визуализирующее стекло.

## IMPROVEMENT OF THE DEVICE FOR DETERMINING WATER IN ENGINE OIL

*V.K. Korneeva, V.M. Kapsevich, I.V. Zakrevsky, E.V. Kovalevich, V.V. Ostrikov*

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

**Abstract:** предложена новая конструкция устройства для определения наличия и количества воды в моторном масле, позволившая более четко визуализировать процесс зрительного и слухового восприятия за поведением пузырьков водяного пара.

**Keywords:** моторное масло, вода, электротигель, коническая вставка, визуализирующее стекло.

Вода в моторном масле после механических примесей является вторым наиболее разрушительным загрязнителем. Вода 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 других 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, предварительно высушенную пробирку из теплостойкого стекла заливают 2–3 мл тщательно перемешанного масла, а пробирку нагревают на спиртовке до температуры 100–110 °С [2]. 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 [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.

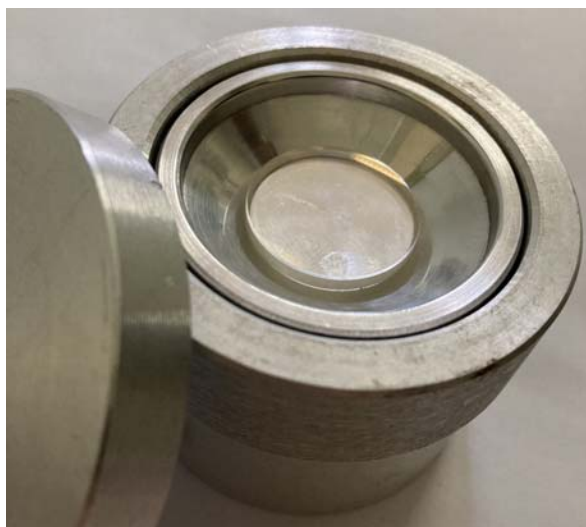
Наиболее перспективным методом измерения загрязнения воды является инфракрасная спектроскопия. Это широко используемое и общепринятое измерение без использования химикатов. В самом общем смысле спектроскопия – это исследование взаимодействия излучаемой энергии и вещества. Спектрометр состоит из источника 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 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: невозможность 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.

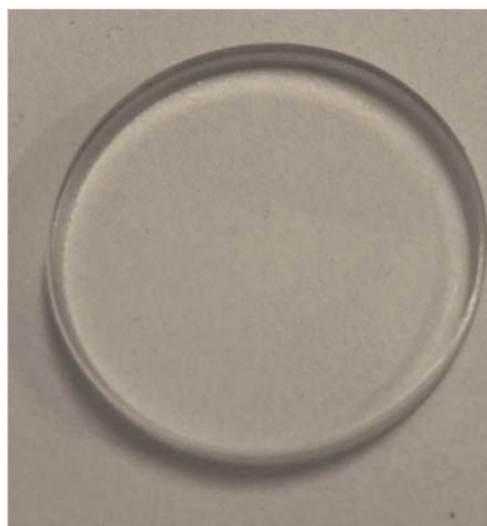
Для контроля наличия воды в моторном масле в ранее представленный электротигель [8] дополнительно устанавливаются специальные приспособления (рис. 1): цилиндрическая вставка (рис. 1, б) с внутренней полостью в виде усеченного конуса и визуализирующее стекло в виде диска (рис. 1, в), устанавливаемое на дно полости цилиндрической вставки.



а)



б)



в)

Рисунок 1. Электротигель со специальными приспособлениями для определения наличия и количества воды в ММ: а) – электротигель в сборе; б) – внешний вид вставки; в) – внешний вид визуализирующего стекла

Вставка с внутренней полостью в виде усеченного конуса работает как рупор: звуковые волны не рассеиваются во все стороны, а образуют узконаправленный пучок, за счет чего мощность звука схлопывания пузырьков водяного пара в моторном масле увеличивается, и он распространяется на большее расстояние, что может быть зафиксировано с помощью звукозаписывающих устройств (например, мобильного телефона). Дополнительная установка визуализирующего стекла на дно вставки позволяет получить 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 в электротигле располагали вставку с визуализирующим стеклом и устанавливали систему контроля и регулирования температуры на температуру  $160 \pm 5$  °С. Тщательно перемешанную пробу исследуемого чистого (неработающего) моторного масла Лукойл Авангард 10W40 наносили в количестве одной-двух капель на визуализирующее стекло и проводили наблюдение за их поведением на нагретой поверхности. Фиксацию процесса осуществляли при помощи видеокамеры (рис. 2).

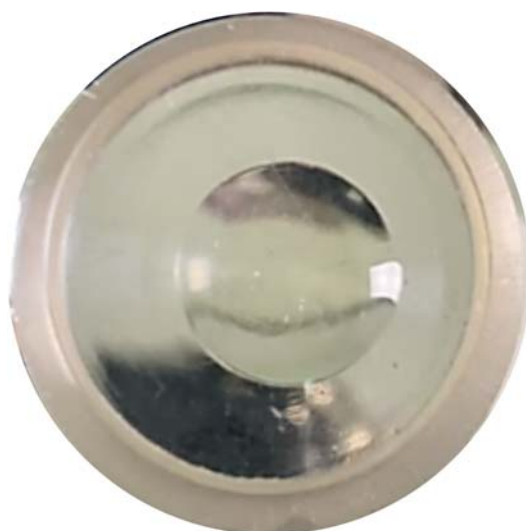


Рисунок 2. Изображение капли чистого моторного масла марки Лукойл Авангард 10W40 на визуализирующем стекле

Анализ видеонаблюдения эксперимента показал отсутствие зарождения и роста паровых пузырьков в моторном масле, что свидетельствует об отсутствии в нем воды и охлаждающей жидкости.

Для подтверждения работоспособности экспресс-теста определения наличия воды нами было проведено дополнительное исследование, заключающееся в искусственном введении воды в чистое моторное масло Лукойл Авангард 10W40 в количествах 0,1, 0,2 и 0,4 %. Результаты эксперимента представлены на рисунке 3.

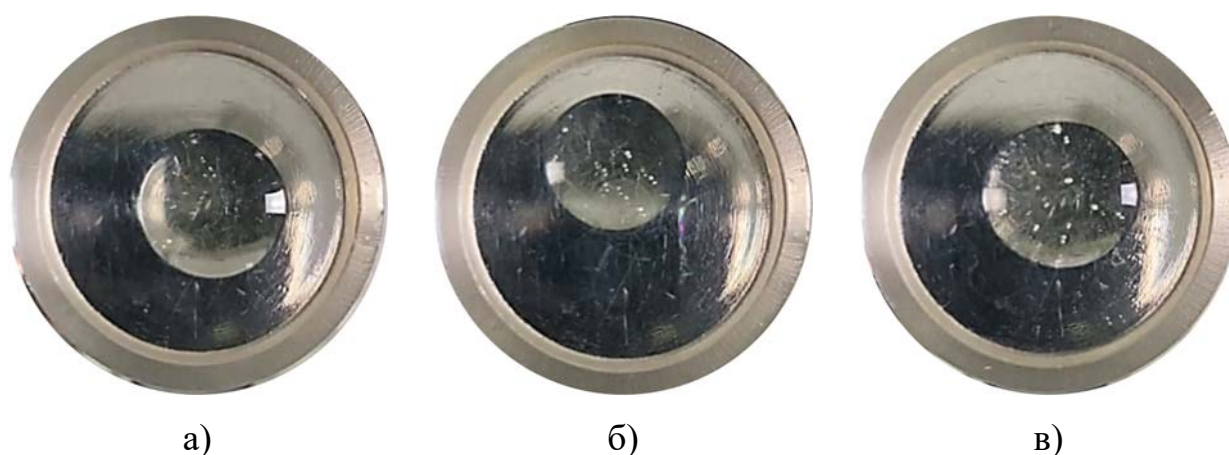


Рисунок 3. Изображения каплей моторного масла марки Лукойл Авангард 10W40 с различным количеством искусственно введенной воды:

а) – 0,1 %; б) – 0,2 %; в) – 0,4 %

Анализ процесса видеонаблюдения показал, что при введении в масло воды в количестве 0,1 % происходит образование мелких пузырей размерами порядка 0,5 мм (рис. 5, а), на видеозаписи видно, что эти пузыри быстро исчезают, при введении воды в количестве 0,2 % происходит образование более крупных пузырей размерами порядка 2 мм (рис. 5, б), 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 (рис. 5, в), на видеозаписи видно, что они увеличиваются в размере, процесс образования пузырей повторяется, происходит выплеск масла на стенки конической вставки, а аудиозапись фиксирует треск.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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.
8. Корнеева В.К. Экспресс-методы определения содержания воды и топлива в моторном масле в полевых условиях / В.К. Корнеева [и др.]. // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: Материалы IX Международной научно-практической конференции – ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ; Саратов: Амирит, 2022. – С. 507–511.