

## ЭКСПРЕСС-МЕТОД ОЦЕНКИ НАЛИЧИЯ И СОДЕРЖАНИЯ ВОДЫ В МОТОРНОМ МАСЛЕ

Вода в моторном масле после механических примесей является вторым наиболее разрушительным загрязнителем. На рисунке 1 показано, что 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. Так, новые высокочистые парафиновые масла, не содержащие 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 конденсации, часть растворенной воды переходит в свободную или эмульгированную.



Рисунок 1 – Три состояния воды в моторном масле

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.

Эмульгированная вода может существовать в виде воды в масле при более низких концентрациях и в виде масла в воде при более высоких концентрациях. Присадки, оксиды и загрязняющие вещества могут способствовать стабильному эмульгированию воды в масле. В зависимости от количества эмульгированная вода в моторном масле имеет мутный или молочный вид.

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, не содержащем полярных присадок, свободная вода будет оседать на дно поддона, а в синтетических маслах, имеющих плотность выше плотности воды из-за высокой концентрации полярных присадок (детергенты, диспергаторы, ингибиторы коррозии, противоизносные присадки), – 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.

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 [2, 3] реализации данного метода, когда в качестве нагретой поверхности используются пластина, закрепленная на паяльнике [2], электрическая плитка с гладкой поверхностью нагрева [3] 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.

При разработке методики экспресс-метода определения воды нами предложена новая конструкция и изготовлен электротигель, исключая вышеописанные недостатки.

Электротигель, способный работать в полевых условиях без подключения в сеть 230 В, содержит термopару, размещенную в дне тигля и позволяющую контролировать температуру нагрева, термометр, подключенный к термopаре, нагревательный элемент (две свечи зажигания), установленный на дне тигля и подключенный непосредственно к аккумулятору напряжением 12 В.

Для определения наличия и количества воды в моторном масле электротигель (рисунок 1, *а*) дополнительно укомплектован вставными элементами: вставкой с конической внутренней полостью (рисунок 1, *б*), позволяющей увеличить мощность звука, с дополнительным цилиндрическим посадочным местом для визуализирующего стекла (рисунок 1, *в*).



*а*



*б*



*в*

Рисунок 1 – Электротигель ЗИВ с дополнительными вставными элементами для определения наличия и количества воды в моторном масле:

*а* – электротигель в сборе; *б* – вставка с конической внутренней полостью; *в* – визуализирующее стекло

Съемная вставка за счет конической внутренней поверхности 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.

Дополнительная установка визуализирующего стекла на дно вставки позволяет получить информацию об отсутствии пузырьков, а при их наличии

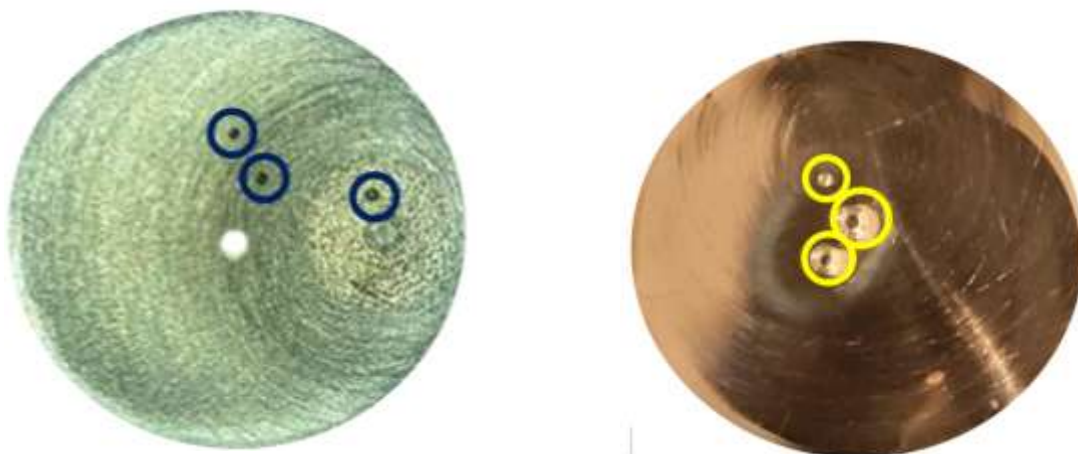
наблюдать за зарождением, ростом, слиянием и схлопыванием в виде, удобном для зрительного наблюдения и анализа за поведением капли моторного масла на нагретой поверхности.

Для определения наличия и количества воды нами были выбраны свежее ММ марки *Shell 10W40* и работающее ММ марки *Caterpillar 10W30*.

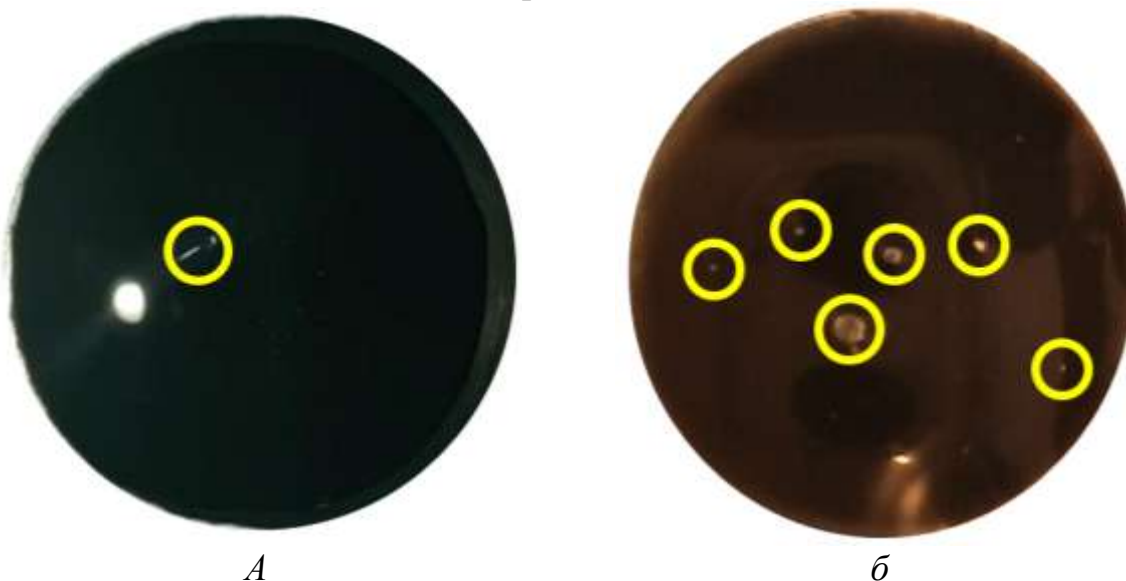
При проведении испытаний нагревали электротигель с дополнительными вставными элементами до температуры  $160 \pm 5$  °С, снимали крышку и наносили на его дно с помощью шприца каплю масла, которое предварительно тщательно перемешивали.

Результаты полученных изображений капли масла на нагретой поверхности вставки без визуализирующего стекла и со стеклом представлены на рисунке 2 (обнаруженные пузырьки водяного пара выделены окружностями).

*Свежее марки Shell 10W40*



*Работающее марки Caterpillar 10W30*



*а*

*б*

Рисунок 2 – Изображение капли моторного масла нагретой поверхности вставки:

*а* – без визуализирующего стекла; *б* – с визуализирующим стеклом

Анализ полученных изображений (рисунок 2) свидетельствует, что применение визуализирующего стекла позволяет более точно наблюдать за поведением пузырьков водяного пара (зарождение, рост, слияние, схлопывание), а также определять их размер. Так, нами было определено, что в моторном масле марки *Shell 10W40* обнаружено наличие воды в количестве 0,1–0,2% (пузыри размером  $\approx 2$  мм, перемещающиеся к центру капли). Наличие воды в свежем масле может быть объяснено нарушением правил хранения и транспортировки. В работающем ММ марки *Caterpillar 10W30* содержание воды составляет 0,05–0,10% (мелкие пузыри размером 0,5 мм).

### ***Библиографический список***

1. Fitch, J. Oil analysis basics/ J. Fitch, D. Troyer. 2 Ed. – Tulsa : Noria Corporation, 2010. – 198 p.
2. 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.
3. Fitch, J.C. The Lubrication Field Test and Inspection Guide/ J.C. Fitch // Noria Corporation. – 2000. – 36 p.
4. Виноградов, Д.В. Природопользование и устойчивое развитие/ Д.В. Виноградов, Р.Т. Турекельдиева, А.В. Ильинский, С.Т. Дуйсенбаева // Учебное пособие. - Рязань : ИП Жуков В.Ю., 2020. – 164 с.

**УДК 621.316.3**

*Кухтин А.В.,  
Листаров Д.А.,  
Лукашкин Р.А.  
ФГБОУ ВО РГТУ г. Рязань, РФ*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ РАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Для измерения ВАХ переключающих элементов была разработана установка, в которой использован двухзондовый метод измерения. Измерительная ячейка содержит измерительный столик с нагревательным элементом, два точечных вольфрамовых электрода с системой перемещения и микроскоп МБС-1 для выставления расстояния между электродами [1, 2, 3, 4].

Измерения ВАХ производились при комнатной температуре на приборе Л2-56 в режиме генератора тока. На экране этого прибора в реальном масштабе времени прорисовывалась ВАХ исследуемого элемента. Полученные в результате измерения вольтамперные характеристики были двух видов: линейные и S-образные. Для S-образных характеристик можно определить напряжение переключения, не переводя элемент в низкоомное состояние.

Для повышения точности определения параметров токовой