

но-практической конференции, посвящённой 85-летию Башкирского государственного аграрного университета, в рамках XXV Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2015». Башкирский государственный аграрный университет. – 2015. – С. 319-322.

3. Мухаметдинов, А.М. Применение программных комплексов при разработке рабочего органа для обработки почвы / А.М. Мухаметдинов. – Текст: непосредственный // В сборнике: Научные основы повышения эффективности сельскохозяйственного производства. – 2019. – С. 84-88.

4. Фархутдинов, И.М. Модернизация конструктивно-технологической схемы посевной секции сеялки для посева по no-till технологии / И.М. Фархутдинов, М.М. Ямалетдинов. – Текст: непосредственный // В сборнике: IX Промышленный салон. материалы V Международной научно-практической конференции. – 2014. – С. 230-234.

5. Ямалетдинов, М.М. Эксплуатационная оценка пропашной сеялки / М.М. Ямалетдинов, Р.Р. Шарипов. – Текст: непосредственный // В сборнике: Аграрная наука в инновационном развитии АПК. Материалы международной научно-практической конференции, посвящённой 85-летию Башкирского государственного аграрного университета, в рамках XXV Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2015». Башкирский государственный аграрный университет. – 2015. – С. 334-338.

6. Ямалетдинов, М.М. Выбор оптимальной пропашной сеялки / М.М. Ямалетдинов, Р.Р. Шарипов. – Текст: непосредственный // В сборнике: Перспективы инновационного развития АПК. Материалы Международной научно-практической конференции в рамках XXIV Международной специализированной выставки "Агрокомплекс-2014". – 2014. – С. 161-167.

7. Галлямов, Ф.Н. Разработка систем контроля высева семян для зерновых сеялок / Ф.Н. Галлямов, А.В. Шарафутдинов, М.В. Пятаев. – Текст: непосредственный // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2020. – № 3 (55). – С. 99-107.

УДК 631.3-6

ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ОЦЕНКИ КОЛИЧЕСТВА ВОДЫ В МОТОРНОМ МАСЛЕ РАБОТАЮЩЕГО ДВС

Остриков Виталий Викторович, студент

Ковалевич Евгений Васильевич, студент

Корнеева Валерия Константиновна, науч. рук., к.т.н., доцент

Закревский Игорь Владимирович, науч. рук., ст. преподаватель

УО Белорусский ГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация: проанализированы методы оценки наличия воды в моторном масле. Разработано и изготовлено устройство для оценки количе-

ства воды в масле и доказана его работоспособность.

Ключевые слова: *моторное масло, вода, экспресс-методы, электрогидгель, ДВС*

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. Так, новые высокочистые парафиновые масла, не содержащие присадок (кроме ингибиторов 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.

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. 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, приво-

дующая 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 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°C [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. 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 содержа-

ния 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 ≈ 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.

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

Электротигель, способный работать в полевых условиях без подключения в сеть 230 В, содержит термопару, размещенную в дне тигля и позволяющую контролировать температуру нагрева, термометр, подключенный к термопаре, 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*).



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

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

Исследования проводили на моторном масле марки Лукойл Авангард 10W40 с наработкой 0, 30, 100 и 150 ч с фиксацией видеозаписи процесса. Результаты исследований представлены на рисунке 2.

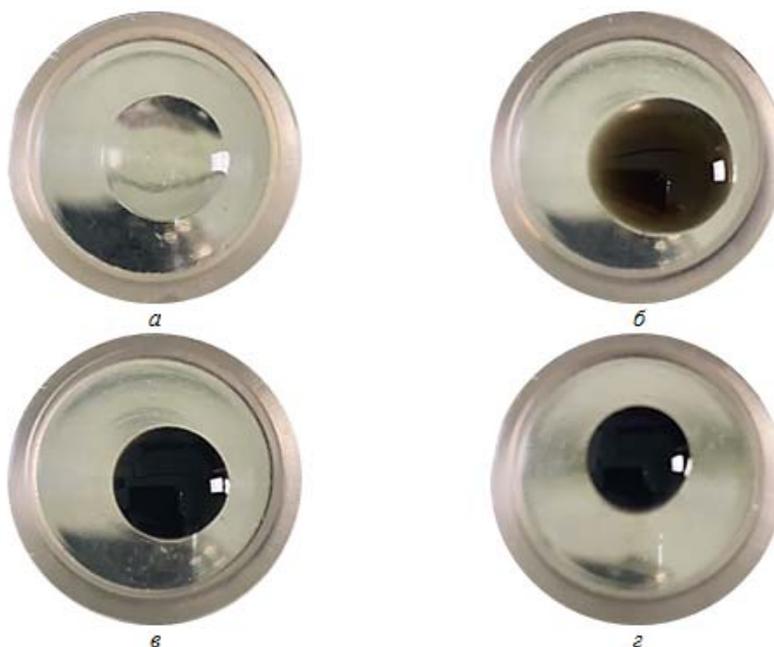


Рисунок 2 – Результаты апробации определения наличия воды в моторном масле марки Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой:
a – 0 ч; *б* – 30 ч; *в* – 100 ч; *г* – 150 ч

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 разработанной методики экспресс-теста определения наличия воды нами было проведено дополни-

тельное исследование, заключающее в искусственном введении воды в свежее моторное масло Лукойл Авангард 10W40 в количествах 0,1, 0,2 и 0,4 %. Результаты эксперимента представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Результаты апробации свежего моторного масла марки Лукойл Авангард 10W40 с различным количеством искусственно введенной воды:
а – 0,1%; *б* – 0,2%; *в* – 0,4%

Полученные результаты показывают, что при введении в масло воды в количестве 0,1% происходит образование мелких пузырей размерами порядка 0,5 мм (рисунок 3, *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 (рисунок 3, *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 (рисунок 3, *в*) (на видеозаписи видно, что они увеличиваются в размере, процесс образования пузырей повторяется, происходит выплеск масла на стенки конической вставки, аудиозапись фиксирует треск). Таким образом, можно утверждать, что разработанная нами методика является работоспособной.

Список литературы

1. Fitch, J. Oil analysis basics / J. Fitch, D. Troyer. 2 Ed. – Tulsa: Noria Corporation, 2010. – 198 p. – Text: Electronic.
2. Зорин, В.А. Основы работоспособности технических систем: учебник для вузов / В.А. Зорин – Москва: ООО «Магистр-Пресс», 2005. – 536 с. – Текст: непосредственный.
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. – Текст: непосредственный.
4. Лопатко, О.П. Методика оценки противоизносных свойств рабочих жидкостей объемных гидроприводов машин / О.П. Лопатко, В.Б. Арсенов. – Минск: Институт проблем надежности и долговечности машин АН БССР, 1978. – 47 с.

– Текст: непосредственный.

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. – Text: Electronic.

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. – Текст: непосредственный.

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

УДК 631.3-6

ЭКСПРЕСС-МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ ВЯЗКОСТИ МОТОРНОГО МАСЛА РАБОТАЮЩЕГО ДВС

Остриков Виталий Викторович, студент

Ковалевич Евгений Васильевич, студент

Корнеева Валерия Константиновна, науч. рук., к.т.н., доцент

Закревский Игорь Владимирович, науч. рук., ст. преподаватель

УО Белорусский ГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь

***Аннотация:** проведен анализ устройств и приспособлений для контроля вязкости моторного масла. Изготовлен компаратор вязкости и обоснована его работа.*

***Ключевые слова:** вязкость, экспресс-методы, компаратор, моторное масло, ДВС*

Вязкость – показатель качества масла, от которого значительно зависит режим смазки пар трения, противоизносные свойства, отвод тепла от рабочих поверхностей и уплотнения зазоров, величина энергетических потерь в двигателе [1, 2]. Вязкость масла является обобщающим показателем его качества. Вязкость работающего моторного масла в отличие от большинства других его показателей качества может как увеличиваться, так и уменьшаться, достигая верхнего или нижнего предельного состояния.

Снижение вязкости масла возможно при его загрязнении топливом и маслом меньшей вязкости, у всесезонных масел, кроме того, оно возможно в результате потери работоспособности вязкостных присадок.

При работе ДВС вязкость масла повышается из-за его загрязнения механическими примесями, добавления масла большей вязкости, попадания воды и охлаждающей жидкости, а также в результате температурной деструкции масла при его перегреве. Загущение масла выше предельного значения затрудняет холодный пуск ДВС, обуславливает снижение объема