

– 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

масла, подаваемого масляным насосом, что, в свою очередь, приводит к уменьшению отвода тепла от пар трения. В результате ухудшения условий смазывания возникают задиры не только у деталей цилиндропоршневой группы и кривошипно-шатунного механизма, но и на рабочих поверхностях распределительного вала и других узлов трения.

Для определения вязкости работающего моторного масла в мировой практике применяются различные экспресс-тестеры, позволяющие произвести сравнительную оценку изменения его вязкости по сравнению со свежим [3-5]. Так, известный прибор *Visgage* (рисунок 1) включает в себя две параллельные трубки, одна из которых заполняется свежим маслом, а другая – работающим [3]. В каждой трубке расположен стальной шарик. Устройство располагают под углом 25-30°, позволяя шарикам перемещаться сверху вниз. Когда первый шарик достигает дна, устройство возвращают в горизонтальное положение и фиксируют положение второго шарика. Значение вязкости работающего масла считывают по шкале, нанесенной непосредственно на приборе.



Рисунок 1 – Вискозиметр *Visgage* (США)

Стоимость вискозиметра *Visgage* составляет 445 \$ США.

Вискозиметр *Kittiwake* [4] (рисунок 2) позволяет определять кинематическую вязкость (0–500 сСт) испытуемого масла при 40° С, 50° С или 100° С, значения которой автоматически выводятся на дисплей прибора.



Рисунок 2 – Внешний вид вискозиметра *Kittiwake*

Экспресс-тестер вязкости *Mobil Serv<sup>SM</sup> Flostick* [5] (рисунок 3) позволяет оценивать вязкость масла в полевых условиях при комнатной температуре без применения термометров и секундомеров путем сравнения вяз-

кости работающего масла с вязкостью свежего. В настоящее время он широко используется для проверки любого масла от легких шпindelных до моторных и трансмиссионных.



Рисунок 3 – Внешний вид экспресс-тестер вязкости *Mobil Serv<sup>SM</sup> Flostick*

Стоимость экспресс-тестера вязкости *Mobil Serv<sup>SM</sup> Flostick* составляет 69 \$ США.

Несмотря на простоту использования приведенных выше экспресс-тестеров вязкости их приобретение в Республике Беларусь и странах СНГ не представляется возможным. В связи с этим, нами в БГАТУ разработан и изготовлен компаратор вязкости (рисунок 4), позволяющий произвести сравнение вязкости работающего и свежего масел по скоростям их течения по измерительным каналам.



Рисунок 4 – Внешний вид компаратора вязкости

Работа компаратора теоретически обоснована решением задачи течения жидкости по наклонной поверхности (рисунок 5).

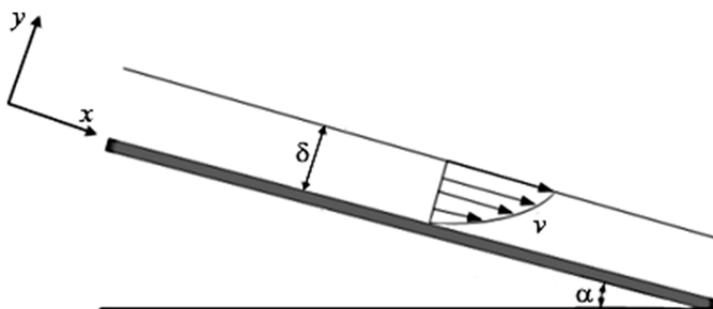


Рисунок 5 – Схема течения жидкости по наклонной поверхности:  
 $\delta$  – толщина слоя жидкости;  $v$  – распределение скоростей течения по толщине слоя;  
 $\alpha$  – угол наклона поверхности

Средняя скорость течения жидкости по наклонной поверхности  $v_{cp}$  может быть определена с помощью зависимости [6]:

$$v_{cp} = \frac{\rho g \delta^2 \sin \alpha}{3\mu}, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность жидкости  $\text{кг/м}^3$ ;  $g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$ ;  $\mu$  – вязкость жидкости,  $\text{Па}\cdot\text{с}$ .

Рассмотрим течение двух жидкостей с различной вязкостью  $\mu_1$  и  $\mu_2$  и различными средними скоростями течения  $v_{cp1}$  и  $v_{cp2}$  по наклонной плоскости.

За один и тот же промежуток времени  $t$  первая жидкость переместится на расстояние  $x_1$ , а вторая –  $x_2$ . Полагая, что  $v_{cp1} = x_1/t$ , а  $v_{cp2} = x_2/t$ , а плотности жидкостей приблизительно равны ( $\rho_1 \approx \rho_2 = \rho$ ), уравнение (1) можно представить:

$$x_1 = \frac{\rho g \delta^2 \sin \alpha}{3\mu_1} t; \quad (2)$$

$$x_2 = \frac{\rho g \delta^2 \sin \alpha}{3\mu_2} t. \quad (3)$$

Используя выражения (2) и (3) определим относительную разность вязкостей двух жидкостей:

$$\frac{\mu_1 - \mu_2}{\mu_1} = \frac{x_2 - x_1}{x_2}. \quad (4)$$

Таким образом, исходя из полученного выражения (4), можно прийти к заключению, что относительная вязкость жидкостей может быть определена исходя из значений длин расстояний течения по наклонной поверхности двух жидкостей с различной вязкостью за один и тот же промежуток времени.

Выражение (4) позволяет сравнить вязкости двух моторных масел, например, свежего и работающего с использованием разработанного компаратора вязкости.

На основе теоретически обоснованной задачи течения жидкости по наклонной поверхности нами разработана методика определения вязкости в полевых условиях с использованием компаратора вязкости.

### Список литературы

1. Васильева, Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы: учебник для вузов / Л.С. Васильева. – Москва: Транспорт, 1986. – 279 с. – Текст: непосредственный.
2. Dasbach, T. How to determine engine oil quality / T. Dasbach, T.W. Selby. – Machinery Lubrication. – 2015. – № 12. – Text: Electronic.
3. Norvelle, F.D. Visgage Viscosity Comparator Determines Fluid Viscosity / F.D. Norvelle. – Text: Electronic.

// Practicing Oil Analysis [сайт]. – URL:

<https://www.machinerylubrication.com/Read/692/visgage-viscosity>.

4. Kittiwake Heated Viscometer / Your Global Distribution Specialists. – Electronic resource. – 2021. – Mode of access: <http://dsi-ltd.com/Product-Heated-Viscometer.asp>. – Text: Electronic.

5. Mobil Serv Viscosity Test Kit (Flostick) / Your Global Distribution Specialists. – Text: Electronic. – 2021. – Mode of access: <http://dsi-ltd.com/Product-Viscosity-Test-Kit-%28Flostick%29.asp>

6. Bird, R.W. Transport Phenomena / R.W. Bird, W.E. Stewart, E.N. Lighfoot. – 2nd ed. – New York: John Wiley & Sons, 2002. – 897 p. – Text: Electronic.

## УДК 631.3-6

### ЭКСПРЕСС-ТЕСТИРОВАНИЕ МОТОРНОГО МАСЛА МЕТОДОМ «КАПЕЛЬНОЙ ПРОБЫ»

*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:* представлена методика реализации метода «капельной пробы», позволяющая оценить моюще-диспергирующие свойства моторного масла, степень загрязненности сажей и механическими примесями, а также топливом.

*Ключевые слова:* моторное масло, «капельная проба», хроматограмма, электротигель

Моюще-диспергирующие свойства (МДС) масла, присущие только моторным маслам, определяются введением в базовое масло моющих, диспергирующих и стабилизирующих присадок.

Моющие присадки (детергенты) предотвращают образование нерастворимых загрязнений в масле, препятствуют образованию их отложений на поверхности деталей ДВС и обеспечивает удаление этих загрязнений. Диспергирующие присадки (дисперсанты) обеспечивают и поддерживают в мелкодисперсном состоянии продукты старения масла и неполного сгорания топлива, тем самым препятствуя образованию шлама. Стабилизирующие присадки восстанавливают и стабилизируют высокотемпературную вязкость моторного масла, обеспечивают защиту узлов трения двигателя при высоких нагрузках, предотвращает падение вязкости моторного масла при частых пусках холодного двигателя. Для обеспечения длительной работы ДВС необходимо, чтобы эти присадки в работающих маслах не толь-