

Д. А. Шмельков, Р. Г. Нигматуллин, Л. Ш. Шустер

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЯЗКОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ И ПОКАЗАТЕЛЯ ДИНАМИКИ ИХ НАГРЕВА

Описаны устройство и способы экспресс-диагностики текущего состояния смазочного масла двигателя внутреннего сгорания по динамике нагрева и изменению вязкости. *Диагностика нефтепродуктов; условная вязкость; динамика нагрева; намагничиваемые продукты износа*

В моторном масле, находящемся в масляной системе двигателя внутреннего сгорания, происходят непрерывные количественные и качественные изменения. Качественные изменения, известные под общим названием «старение масла», складывается из целого ряда физических и химических процессов, протекающих в масляной системе. При появлении неисправностей в работе топливной аппаратуры, систем охлаждения и очистки воздуха от пыли в масло попадает топливо, охлаждающая жидкость и пыль, которые способствуют появлению отложению и износу деталей [1].

Отсутствие системы своевременного выявления неисправностей у техники, использование масел с низким запасом качества и некачественного топлива приводят к загрязнению природы и зачастую к выходу из строя двигателя (даже исправный легковой автомобиль в течении года выбрасывает в атмосферу 80 кг сажи, 115 кг углеводородов, среди которых альдегиды и бензпирен, оксиды азота, серы углерода и т. д., а канистра отработанного масла может убить маленькое озеро) [2].

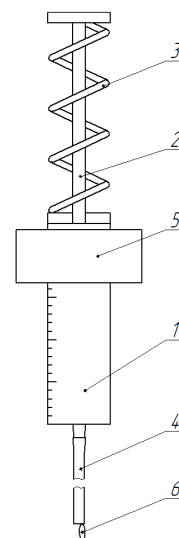
Целью данной работы является определение свойств смазочного материала в процессе работы двигателя внутреннего сгорания.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводили на устройстве для диагностики нефтепродуктов (рис. 1), которое позволяет определить качество смазочного материала за короткий промежуток времени.

Способ определения условной вязкости [3] осуществляется следующим образом. Полностью сжимают пружину 3, опуская шток 2, затем погружают конец трубки 4 в анализируемую жидкость и отпускают пружину. За счет создавшегося разрежения жидкость начинает

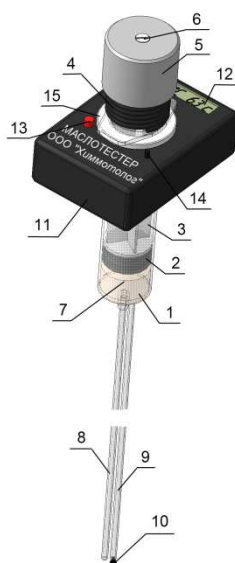
поступать по трубке 4 в емкость 1. После заполнения  $20 \text{ см}^3$  на дисплее программного-аппаратного комплекса 5 отображаются температура  $T$  и время заполнения  $t$ . Время заполнения  $20 \text{ см}^3$  является показателем условной вязкости масла при температуре испытания:  $VU_T = t$ . Диаметр трубки 4 выбирают в зависимости от вязкости продукта и требуемой точности определения вязкости. Например, для относительно маловязкого масла SAE 5W-40 целесообразно использовать трубку внутренним диаметром 1,5 мм. Использование разрежения вместо силы тяжести позволяет определять условную вязкость даже высоковязких продуктов при низких температурах.



**Рис. 1.** Схема устройства для диагностики нефтепродуктов: 1 – емкость; 2 – шток с поршнем; 3 – пружина; 4 – трубка; 5 – программно-аппаратный комплекс; 6 – термистор

Для удобства отбора пробы могут быть использованы держатель для установки устройства на бочки и другие емкости или лента для

подвешивания устройства к крышке капота, в случае отбора пробы из картера автомобиля. Для перевода полученного на устройстве значения условной вязкости в стандартные для анализируемого вещества единицы измерения следует использовать график вязкостно-температурной зависимости и коэффициент перевода. Коэффициент перевода – это отношение вязкости продукта в стандартных единицах измерения к условной вязкости, полученной с помощью устройства (при одной и той же температуре). На рис. 2 представлена 3D-модель устройства.

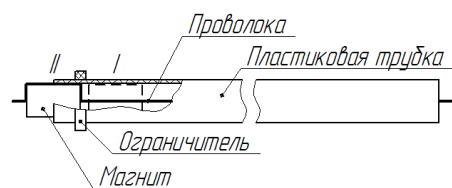


**Рис. 2.** 3D-модель устройства для диагностики нефтепродуктов: 1 – цилиндрическая емкость; 2 – резиновый поршень; 3 – шток; 4 – пружина; 5 – крышка; 6 – шуп; 7 – масло; 8, 9 – трубки; 10 – термопара; 11 – измерительный блок; 12 – дисплей; 13 – кнопка включения/выключения; 14 – кнопка сброса времени

Определение показателя динамики нагрева [3] заключается в измерении времени, за которое жидкость нагреется до определенной температуры. Конец трубки (рис. 1) 4 с термистором 6 погружают в анализируемую жидкость, затем нагревают жидкость. По дисплею программно-аппаратного комплекса 5 контролируют время и температуру. Периодически фиксируют значения времени и температуры (например, каждые 5 °С), по полученным результатам строят кривую (примеры кривых нагрева приведены на рис. 4). Время изменения температуры в определенном диапазоне является показателем динамики нагрева жидкости. Определение показателя динамики нагрева можно проводить, на-

пример, для масла в картере автомобиля с целью установления наличия примесей (воды, сажи и др.). При этом время прогрева двигателя, например с 30 до 90 °С, а также форма кривой нагрева будут различными для чистого масла и масла с примесью воды. Для упрощения сравнения результатов измерений определение показателя динамики нагрева следует проводить в одинаковых условиях. Аналогично можно определить показатель динамики охлаждения жидкости.

Также устройство [3] может комплектоваться щупом для определения содержания намагничиваемых продуктов износа (рис. 3). Щуп позволяет исключить влияние частиц коррозии, которые могут присутствовать в канале для маслощупа, при определении содержания намагничиваемых продуктов износа в масле, залитом в ДВС. Для проведения анализа с помощью проволоки устанавливают магнит в положение I, опускают щуп по каналу для маслощупа, после того как щуп вышел из канала, но еще не достиг масла, магнит переводят в положение II. В результате этого продукты, соскобленные со стенок канала, останутся за ограничителем. Затем конец щупа погружают в масло на определенное время, после чего возвращают магнит в положение I и извлекают щуп. Содержание намагничиваемых частиц износа в масле характеризуется количеством частиц на магните. Частицы, собранные в канале для маслощупа, будут находиться на внешней стороне трубки.

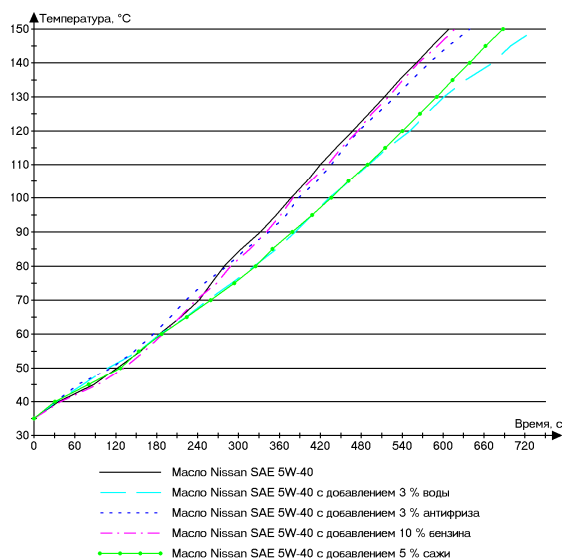


**Рис. 3.** Щуп для определения содержания намагничиваемых продуктов износа

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Провели определение показателя динамики нагрева [3] для чистого масла Nissan SAE 5W-40 и его смесей с основными загрязнителями: водой, бензином, антифризом и сажой.

Образцы массой 60 г нагревали до 150 °С и с интервалом 5 °С фиксировали время нагрева. Результаты измерения показателя динамики нагрева масла Nissan SAE 5W-40 приведены на рис. 4.



**Рис. 4.** Графики зависимости времени нагрева масла Nissan SAE 5W-40 от температуры

#### Теплопроводность исследуемых жидкостей

Наименование	Теплопроводность, Вт/(м·К)
Вода	0,6
Антифриз	0,4
Масло	0,2
Бензин	0,12
Сажа	0,1
Масло + 3% воды	0,212
Масло + 3% антифриза	0,206
Масло + 10 % бензина	0,192
Масло + 5 % сажи	0,195

Из графиков видно, что на показатель динамики нагрева масла наибольшее влияние оказывает вода – масло с добавлением 3% воды нагревается дольше других образцов (за счет большей теплоемкости воды и затрат на испарение воды). Также значительное влияние на время нагрева оказывает сажа. Небольшое увеличение времени нагрева наблюдается при добавлении в масло охлаждающей жидкости. Добавление большого количества бензина (10%) практически не повлияло на время нагрева масла. Теплопроводность исследуемых жидкостей показана в таблице.

Таким образом, увеличение времени нагрева масла (по сравнению с чистым) говорит о наличии в нем примесей (воды, сажи, антифриза).

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно сказать, что работающее масло является уникальным носителем достоверной информации о техническом состоянии узлов, агрегатов и систем двигателя автомобиля [4]. Попадание топлива в масло, помимо снижения вязкости, резко ухудшает его противоизносные свойства, ускоряется образование нагара и лака на поршнях. В работающем двигателе вязкость может увеличиться из-за осмоления и сажи. Это замедляет поступление масла к узлам трения и ухудшает теплоотвод от охлаждаемых маслом деталей. Увеличение или уменьшение вязкости масла на 25% от начальной приводит к аварийному выходу из строя ДВС [5]. А рассматриваемое в данной работе устройство и способы диагностики нефтепродуктов позволяют избежать преждевременного износа основных работающих частей двигателя, а также продлить ресурс как самого масла, так и ДВС, в том числе контролировать состояние масла в течение всего срока службы, выявлять некачественное масло, что в совокупности является еще и важным фактором способствующим сохранению экологии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство для определения степени разжижения моторных масел топливом и выявления износа двигателя / Р. Г. Нигматуллин [и др.] // Мир измерений. 2011. Вып. № 4. С. 38–39.
2. **Нигматуллин Р. Г.** ООО «Химмотолог»: «Маслотестер – поможет продлить жизнь автомобилю!» // Комсомольская правда. 2012. С. 13.
3. Способ и устройство для определения качества нефтепродуктов и других жидкостей / Р. Г. Нигматуллин [и др.]. Заявка на патент РФ на изобретение № 2012110436. 2012.
4. **Нигматуллин Р. Г.** Как продлить жизнь автомобиля? // Авторынок. 2005. № 21. С. 5.
5. **Нигматуллин Р. Г.** О разжижении моторного масла топливом // Авторынок. 2011. № 90. С. 3.

#### ОБ АВТОРАХ

**Шмельков Денис Александрович**, асп. каф. основ конструирования механизмов и машин. Дипл. инженер (УГАТУ, 2011). Готовит канд. диссерт. в обл. динамической экспресс-диагностики трибосопряжений.

**Нигматуллин Ришат Гаязович**, проф. каф. оборудования и технологии сварочного производства. Дипл. инженер (УНИ, 1974). Д-р техн. наук (УГНТУ, 1999). Иссл. в обл. нефтепереработки и химмотологии.

**Шустер Лева Шмульевич**, проф. каф. основ конструирования механизмов и машин. Дипл. инженер (УАИ, 1962). Д-р техн. наук (ГАНГ им. Губкина, 1991). Иссл. в обл. триботехники.