

**А.А. Хазиев<sup>1</sup>, Н.Н. Сугатов<sup>1</sup>, М.Ю. Петухов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Московский автомобильно-дорожный государственный  
технический университет (МАДИ), Москва, Россия

<sup>2</sup>Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь, Россия

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МОТОРНОГО МАСЛА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

Рассмотрена возможность использования диэлектрических параметров для оценки качества моторного масла. Установлена взаимосвязь диэлектрических параметров моторного масла и его показателей качества при старении моторного масла, но сама диэлектрическая проницаемость существенно зависит от марки моторного масла. Поэтому в рамках проведенного исследования предлагается оценивать качество моторного масла по изменению параметра диэлектрической проницаемости.

**Ключевые слова:** моторное масло, диэлектрическая проницаемость, оценка качества моторного масла.

**A.A. Khaziev, N.N. Sugatov, M.Iu. Petukhov**

<sup>1</sup>Moscow State Automobile and Road Technical University,  
Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

## **EVALUATION OF THE QUALITY OF ENGINE OIL DURING THE OPERATION DIELECTRIC METHODS**

The article discusses the possibility of using the dielectric parameters to assess the quality of the engine oil. The interrelation of the dielectric parameters of the engine oil and its quality indicators during aging of engine oil, but the permittivity significantly depends on the brand of motor oil. Therefore, in this study, is proposed to assess the quality of the engine oil change parameter permittivity.

**Keywords:** motor oil, dielectric permeability, evaluation of the quality of motor oil.

Моторные масла являются одним из основных функциональных элементов двигателя, определяющим эффективность и надежность его работы. Постоянное совершенствование конструкции двигателей и повышение качества моторного масла позволяют обеспечивать заявленный ресурс и снижать интенсивность изнашивания узлов трения механизмов и систем двигателя.

При эксплуатации моторных масел происходят физико-химические процессы, сопровождающиеся срабатыванием присадок, накоплением продуктов износа, что приводит к преждевременному исчерпа-

нию потенциала физико-химических свойств масла и снижению ресурса силового агрегата. Поэтому решение вопросов, связанных с оперативным контролем качества моторного масла, является актуальной задачей.

Каждый материал, в том числе моторное масло, обладает уникальным набором электрических характеристик, зависящих от его диэлектрических свойств. Точные измерения этих свойств могут обеспечить ученых и инженеров ценной информацией о состоянии моторного масла. Измерение диэлектрических свойств моторного масла может дать информацию о параметрах, являющихся критическими при производстве и эксплуатации.

На значение диэлектрической проницаемости влияет молекулярная структура вещества и его межмолекулярные взаимодействия. Определение связи между проницаемостью и перечисленными параметрами является одной из самых важных и интересных задач, стоящих перед современной наукой. Особый интерес представляет изучение молекулярных взаимодействий в моторных маслах, где они менее всего изучены.

Для определения характеристик моторных масел требуется большой объем лабораторных испытаний, а к средствам контроля предъявляются высокие требования по быстродействию и точности.

Для решения этих задач в настоящее время используются современные физические и физико-химические методы исследования. Среди них важное место принадлежит методам, основанным на определении диэлектрических параметров, получивших значительное теоретическое и экспериментальное развитие.

Исследования диэлектрических свойств жидких систем позволяют получать обширную информацию об их молекулярной структуре, межмолекулярных взаимодействиях, кинетике и механизмах молекулярных процессов.

При эксплуатации масла происходят процессы термодинамической и химической деструкции, что приводит к срабатыванию присадок в нем и разрушению масляной основы. В масле накапливаются продукты износа и загрязнения, образующиеся при работе двигателя. Изменение физико-химического состава масла в процессе работы влечет изменение диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  масла и, как следствие, параметра ее приращения  $\Delta\epsilon$ .

К настоящему времени исследована возможность применения  $\Delta\epsilon$  в качестве интегрального браковочного показателя, позволяющего

обосновать периодичность замены моторного масла [1, 2]. Использование  $\Delta\epsilon$  в качестве браковочного показателя обусловлено влиянием на рост параметра  $\epsilon$  величины накапливающихся в масле продуктов износа трущихся деталей, воды, частиц неполного сгорания топлива, сажи и полярных продуктов окисления.

Значение диэлектрической проницаемости для каждого типа масла может значительно отличаться. На рис. 1 представлены значения диэлектрической проницаемости для различных марок моторных и трансмиссионных масел.

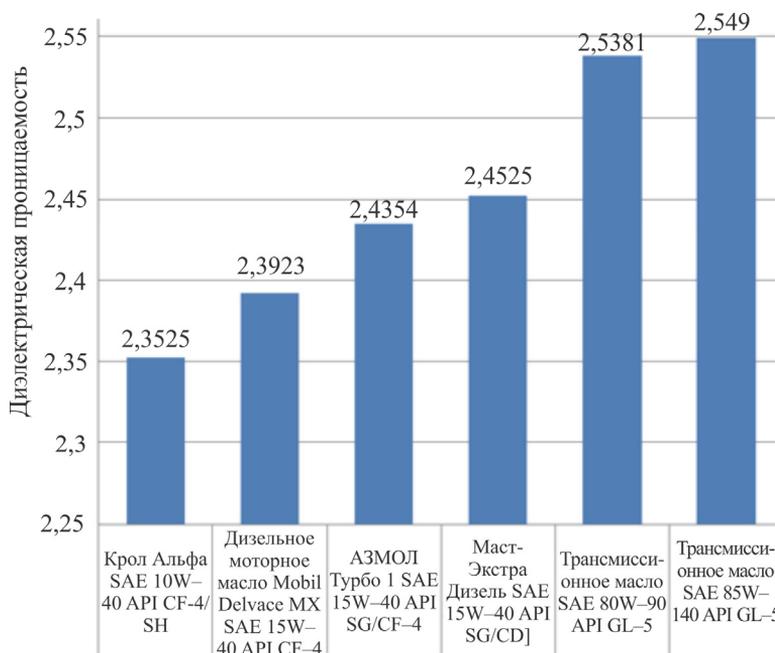


Рис. 1. Значения диэлектрической проницаемости моторных и трансмиссионных масел [1, 2]

Разнородный состав смазочных материалов значительно затрудняет разработку единой методики определения качества масла относительно одного критерия  $\Delta\epsilon$ . Оценка показателя  $\Delta\epsilon$  осложняется при отсутствии начальных характеристик масла. Так, экспериментальные данные для различных проб масел [3] свидетельствуют о том, что диэлектрические характеристики отдельных масел определяются в основном примесями, различиями в химико-физических свойствах исходных материалов, отклонениями, даже незначительными, от технологических требований в процессе производства, условиями их

хранения и другими причинами. Причем проницаемость минеральных масел выше проницаемости синтетических. Это объясняется тем фактом, что для получения заданных свойств в минеральные масла добавляют большее количество металлосодержащих присадок, чем в синтетические масла [3].

Показатель  $\Delta\epsilon$  масла существенным образом зависит как от технического состояния двигателя, так и от условий его эксплуатации.

Поэтому изменение параметра  $\Delta\epsilon$  может являться сигналом для детального изучения параметров работавшего масла. По показателям  $\Delta\epsilon$  и  $\epsilon$  сложно определить точные причины ухудшения характеристик масла. В работающем моторном масле одновременно могут находиться несколько видов загрязнений, которые оказывают разнообразное влияние на величину его  $\epsilon$ .

Установлена степень влияния отдельных показателей моторного масла на значение диэлектрической проницаемости. На рис. 2 показаны обобщенные результаты корреляции диэлектрической проницаемости и показателей моторных масел.

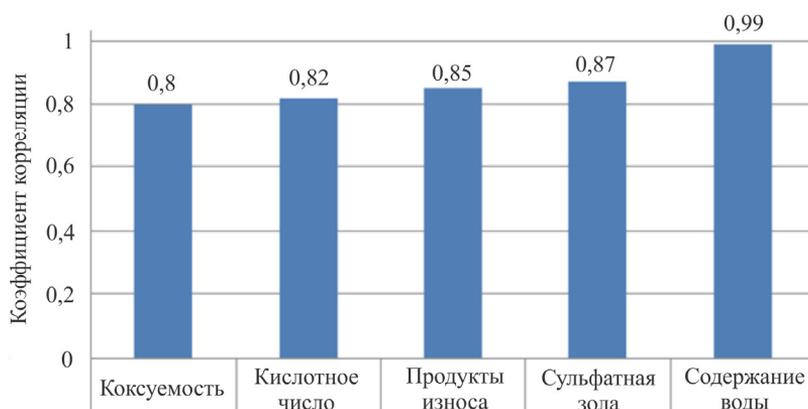


Рис. 2. Значение коэффициентов корреляции между диэлектрической проницаемостью и показателями моторных масел [3, 4]

В работе [4] значение показателя корреляции « $\epsilon$  – содержание воды»  $r = 0,29 \dots 0,35$ , хотя в работе [5] указано значение, равное 0,71. Значение коэффициента корреляции « $\epsilon$  – содержание воды» должно быть высоким, так как диэлектрическая проницаемость воды  $\epsilon = 80,37$ , а значения диэлектрической проницаемости для различных марок масла обычно составляют от 2,3 до 2,6. Разные значения коэффициента

корреляции объясняются различием методик и средств измерения. Таким образом, можно сделать вывод, что некоторые методы обладают более высокой чувствительностью для определения степени влияния отдельных показателей моторного масла на значение его диэлектрической проницаемости.

Следует отметить, что появление в работавшем масле таких загрязнений, как сажевые и металлические частицы, является неизбежным при любых условиях работы двигателя. В то же время проникновение в масло охлаждающей жидкости и топлива может рассматриваться как явление случайное, специфичное лишь для определенных условий эксплуатации [6].

Совместное влияние разных видов загрязнений на  $\epsilon$  моторного масла уже рассматривалось в работе [5], но данный вопрос остается открытым и требует дальнейшего изучения.

Таким образом, значение показателя  $\Delta\epsilon$  может служить фактором определения качества масла, но индивидуально для каждого двигателя, учитывая его техническое состояние, качество применяемого масла и условия эксплуатации.

Повышения информативности методов определения качества моторного масла по его диэлектрическим параметрам можно добиться следующими способами:

– разработка методики измерения значения диэлектрической проницаемости на разных частотах, с установлением степени влияния отдельных показателей моторного масла на значение  $\epsilon$  на каждой из измеренных частот [7];

– анализ динамики изменения диэлектрических параметров моторного масла при эксплуатации.

### **Список литературы**

1. Григоров А.Б. Влияние загрязнений моторных масел в процессе эксплуатации на величину изменения их относительной диэлектрической проницаемости // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2009. – № 34. – С. 133–138.

2. Шешикова А.А., Кондратьев О.В. Применение анализатора «ИКМ» для оценки смазочного масла // Материалы 55-й науч.-техн. конф. ТГАСУ – Томск, 2009. – С. 316.

3. Наглюк И.С. Оценка качества моторного масла при эксплуатации трактора [Электронный ресурс]. – URL: [http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/Vkhdtusg/2011\\_107\\_2/14.pdf](http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/Vkhdtusg/2011_107_2/14.pdf) (дата обращения: 09.10.2013).

4. Григоров А.Б., Наглюк И.С. Диэлектрические свойства моторных масел // Автомобильный транспорт / Харьк. нац. автомоб.-дорож. ун-т. – Харьков, 2009. – № 25.

5. Наглюк И.С., Григоров А.Б. Изменение диэлектрических свойств моторного масла под совместным воздействием разных видов загрязнений // Вестник Харьк. нац. автомоб.-дорож. ун-та. – 2011. – № 53. – С. 21–23.

6. Лаушкин А.В., Хазиев А.А. Причины обводнения моторного масла в эксплуатации // Вестник Моск. автомоб.-дорож. гос. техн. ун-та (МАДИ). – 2012. – № 29.

7. Сугатов Н.Н., Хазиев А.А. Анализ возможности использования методов диэлектрической спектроскопии для оценки качества работающего моторного масла // Сб. науч. тр. по материалам 71-й науч.-метод. и науч.-исслед. конф. / Моск. автомоб.-дорож. гос. техн. ун-т (МАДИ). – М., 2013. – С. 154–160.

8. Хазиев А.А. Причины снижения ресурса моторного масла при эксплуатации современных легковых автомобилей // Вестник Моск. автомоб.-дорож. гос. техн. ун-та (МАДИ). – 2012. – № 31.

## References

1. Grigorov A.B. Vliianie zagriaznenii motornykh masel v protsesse ekspluatatsii na velichinu izmeneniia ikh odnositel'noi dielektricheskoi pronitsaemosti [Effect of contamination of engine oils during use the amount of change of the relative permittivity]. *Vestnik Natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta "Khar'kovskii politekhnicheskii institut"*, 2009, no. 34, pp. 133-138.

2. Sheshikova A.A., Kondrat'ev O.V. Primenenie analizatora "IKM" dlia otsenki smazochnogo masla [Application analyzer "IKM" for evaluation of the lubricating oil]. *Materialy 55-i nauchno-tehnicheskoi konferencii TGASU*. Tomsk, 2009, p. 316.

3. Nagliuk I.S. Otsenka kachestva motornogo masla pri ekspluatatsii traktora. [Assessment of the quality of the engine oil during use], available at: [http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/Vkhdtusg/2011\\_107\\_2/14.pdf](http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/Vkhdtusg/2011_107_2/14.pdf) (accessed 09 November 2013).

4. Grigorov A.B., Nagliuk I.S. Dielektricheskie svoistva motornykh masel [Dielectric properties of motor oils]. *Avtomobil'nyi transport*, 2009, no. 25.

5. Nagliuk I.S., Grigorov A.B. Izmenenie dielektricheskikh svoistv motornogo masla pod sovmestnym vozdeistviem raznykh vidov zagriaznenii [Changing the dielectric properties of engine oil under the combined influence of different types of pollution]. *Vestnik Khar'kovskogo natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta*, 2011, no. 53, pp. 21-23.

6. Laushkin A.V., Khaziev A.A. Prichiny obvodneniia motornogo masla v ekspluatatsii [Causes flooding of the engine oil to use]. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2012, no. 29.

7. Sugatov N.N., Khaziev A.A. Analiz vozmozhnosti ispol'zovaniia metodov dielektricheskoi spektroskopii dlia otsenki kachestva rabotaiushchego motornogo masla [Analysis of the possibility of using dielectric spectroscopy methods for assessing the quality of the working of the engine oil]. *Sbornik nauchnykh trudov po materialam 71-i nauchno-metodicheskoi i nauchno-issledovatel'skoi konferentsii*. Moscow: Moskovskii avtomobil'no-dorozhnyi gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2013, pp. 154-160.

8. Khaziev A.A. Prichiny snizheniia resursa motornogo masla pri ekspluatatsii sovremennykh legkovykh avtomobilei [Reasons for the decline of the resource engine oil during operation of modern cars.]. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2012, no. 31.

Получено 17.10.2014

### Об авторах

**Хазиев Анвар Асхатович** (Москва, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервиса» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), руководитель испытательной лаборатории МАДИ-ХИМ (125319, г. Москва, Ленинградский пр., 64, e-mail: [madi-chim@mail.ru](mailto:madi-chim@mail.ru)).

**Сугатов Николай Николаевич** (Москва, Россия) – аспирант кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервиса» Московского автомобильно-дорожного государственного технического

университета (МАДИ) (125319, г. Москва, Ленинградский пр., 64, e-mail: nsugatov@gmail.com).

**Петухов Михаил Юрьевич** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, декан автодорожного факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990 г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: pmu@pstu.ru).

#### **About the authors**

**Khaziev Anvar Askhatovich** (Moscow, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Operation of automobile transport and auto service, Moscow State Automobile and Road Technical University, Head of Test laboratory MADI-CHEM (64, Leningradskii av., Moscow, 125319, Russian Federation, e-mail: madi-chim@mail.ru).

**Sugatov Nikolai Nikolaevich** (Moscow, Russian Federation) – Postgraduate student, Department of Operation of automobile transport and auto service, Moscow State Automobile and Road Technical University (64, Leningradskii av., Moscow, 125319, Russian Federation, e-mail: nsugatov@gmail.com).

**Petukhov Mikhail Iur'evich** (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Dean of Car and Road Building Faculty, Perm National Research Politechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: pmu@pstu.ru).