

УДК 629.113.0011

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ «УВЛАЖНЕННЫХ» ТОРМОЗНЫХ ЖИДКОСТЕЙ МЕТОДОМ РЕФРАКЦИИ© Е.В. Носова¹

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Приведены результаты экспериментальных исследований «увлажненных» тормозных жидкостей методом рефракции (в лабораторных условиях), а также показателя преломления света, измеренного при моделировании процесса старения тормозных жидкостей путем ввода в них воды в количестве 1%, 2%, 3%, 4%. Установлено, что величина показателя преломления света существенно снижается при увеличении содержания воды в тормозной жидкости. Выявлена зависимость показателя преломления света тормозной жидкости от содержания воды, которая позволит более точно определять содержание воды в тормозной жидкости в процессе эксплуатации автомобиля.

Ключевые слова: тормозная жидкость; показатель преломления света; гидравлический привод тормозов; метод рефракции; температура кипения тормозной жидкости.

EXPERIMENTAL STUDY OF “MOISTENED” BRAKE FLUIDS BY A REFRACTION METHOD**E.V. Nosova**

Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper reports on the experimental results of studying “moistened” brake fluids by a refraction method (in laboratory conditions), and an index of light refraction measured under the modeling of brake fluid aging through the introduction of 1%, 2%, 3%, 4% of water in it. It is found that the higher content of water in brake fluid – the lower refractive index of light. The dependence of the brake fluid refractive index of light on the water content is revealed. It will allow a more accurate determination of the water content in brake fluid during vehicle operation.

Keywords: brake fluid; index of light refraction; hydraulic brakes; refraction method; brake fluid boiling point.

Контроль качества тормозной жидкости автомобиля в процессе эксплуатации является одним из важных аспектов обеспечения активной безопасности тормозной системы в целом. В дилерских центрах его рекомендуют проводить после года работы тормозной жидкости, а также после длительного хранения автомобиля или при отсутствии сведений о сроках замены тормозной жидкости. Тормозные жидкости рассчитаны на высокие температурные нагрузки: их заявленные температуры кипения составляют +205...+280°C, в зависимости от конкретного класса жидкости (исходного качества), но в процессе работы тормозная жидкость неизбежно поглощает влагу (основа большинства жидкостей полиэтиленгликолевая – гигроскопичная), и температура кипения понижается. За год работы тормозная жидкость может накопить до 2–3% воды, из-за чего температура ее кипения снижается на 30–50°C, то есть она может закипеть при 130–150°C [2]. Такое снижение температуры кипения недопустимо. В летнее время происходит так называемая паровая блокировка тормозов: из-за резкого расширения образовавшихся пузырьков пара часть жидкости выдавливается в резервный бачок, при нажатии педали тормоза оставшаяся «внизу» жидкость не создает нужного давления (она насыщена пузырьками пара), и педаль «проваливается». В зимнее время у многих автомоби-

лей педаль тормоза нажимается с очень большим усилием.

На некоторых станциях технического обслуживания предлагают провести проверку качества тормозной жидкости специальными тестерами. Они осуществляют оценку электропроводности: чем больше в тормозной жидкости воды, тем выше ее электропроводность. Но такой способ проверки тормозной жидкости неточен, так как данные тестеры имеют только три контрольных точки приблизительного содержания воды. Как правило, на данных контрольных точках должны переключаться световые сигналы. Зеленый сигнал обозначает, что воды менее 1,5%, желтый цвет показывает, что воды от 1,5% до 3%, а красный – более 3 % содержания воды (рис. 1).



Рис. 1. Тестер SMC-118/1

¹Носова Евгения Викторовна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта, тел.: 89025195194, e-mail: nosova@istu.edu

Nosova Evgeniya, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Automobile Transport, tel.: 89025195194, e-mail: nosova@istu.edu

В реальных условиях эксплуатации содержание воды может быть близким к 1%, к 3%, составлять более 4–5%, и практически невозможно определить реальное количество воды в работавшей тормозной жидкости, а значит, невозможно определить допустимое снижение температуры кипения «увлажненной» тормозной жидкости. В этом направлении необходимы дополнительные исследования для точного определения количества воды в тормозной жидкости, а следовательно, и точного определения температуры кипения «увлажненной» тормозной жидкости.

В России нет единого государственного стандарта, регламентирующего показатели качества топлива и технических жидкостей [3]. Тормозные жидкости изготавливаются по заводским техническим условиям с ориентацией на нормы, принятые в США и странах Западной Европы (стандарты SAE J 1703, ISO 4925 и FMVSS № 116). В большинстве современных автомобильных гидравлических приводов тормозов сейчас применяются тормозные жидкости классов DOT 3, DOT 4, DOT 5.1. Департамент FMVSS разработал спецификацию минимальных требований к основным характеристикам тормозных жидкостей, к которым относятся температура кипения «сухой» (новой) жидкости и температура кипения «увлажненной» (работавшей) жидкости. Температура кипения «сухой» жидкости служит критическим параметром безопасной работы тормозной системы. Установившаяся наибольшая температура во всей тормозной системе характеризует величину сопротивления жидкости тепловым нагрузкам, которые возникают при работе колесных тормозных цилиндров. Температура кипения «увлажненной» жидкости определяет минимально допустимое значение установившейся температуры кипения жидкости в зависимости от абсорбированной влаги в количестве 3,5% от объема системы.

При попадании в систему влаги точка кипения тормозной жидкости снижается. Департамент FMVSS ограничивает только предельные значения температуры кипения «сухих» и «увлажненных», содержащих 3,5% воды, жидкостей. Интенсивность процесса поглощения не регламентирована. Тормозная жидкость может насыщаться влагой сначала активно, а потом – медленнее или наоборот. Если значения температуры кипения у «сухих» жидкостей разных классов сделать близкими, например, к жидкости на силиконовой основе с температурой кипения 280°C – DOT 5 (сплошные линии, рис. 2), то при их увлажнении этот параметр вернется на уровень, свойственный каждому классу (пунктирные линии). Впрочем, при лабораторных испытаниях изготовители тормозной жидкости, как правило, строят кривые изменения температуры кипения от содержания воды. Для каждого класса жидкости они свои [1].

Экспериментальные исследования выполнялись на десяти образцах «сухих» (новых) тормозных жидкостей зарубежного производства класса DOT 4 (NISSAN, Mercedes №1, Mercedes №2, Mannol №1, Mannol №2, Genuine №1, Genuine №2, NESTE, TCL №1, TCL №2). В ходе эксперимента были получены значения показателя преломления света для десяти

ти различных марок «сухих» тормозных жидкостей на рефрактометре ИРФ-23 (рис. 3).

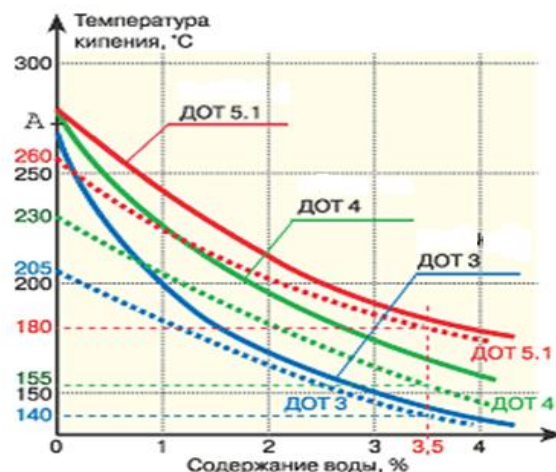


Рис. 2. График зависимости температуры кипения тормозной жидкости от содержания воды



Рис. 3. Рефрактометр ИРФ-23

Результаты измерения показателя преломления света, определенные для десяти различных марок «сухих» тормозных жидкостей, показали, что значение показателя преломления лежит в пределах 1,4448–1,4449, причем у восьми образцов жидкостей оно равно 1,4449, у двух образцов – 1,4450. Таким образом, было определено начальное значение показателя преломления света для «сухих» тормозных жидкостей, которое будет точкой отсчета для «увлажненных» тормозных жидкостей.

В лаборатории эксплуатационных материалов было выполнено моделирование процесса «увлажнения» (старения) тормозной жидкости путем ввода в десять образцов тормозных жидкостей зарубежного производства воды в количестве 1%, 2%, 3%, 4%. Для всех «увлажненных» образцов тормозной жидкости (40 образцов) был определен показатель преломления света на рефрактометре ИРФ-23. Численные значения показателя преломления света для всех образцов жидкостей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатель преломления света «увлажненных» тормозных жидкостей

Класс тормозной жидкости	Показатель преломления света				
	Содержание воды в тормозной жидкости, %				
	0	1	2	3	4
1 DOT 4	1,4449	1,4447	1,4434	1,4425	1,4413
2 DOT 4	1,4449	1,4448	1,4435	1,4420	1,4415
3 DOT 4	1,4449	1,4449	1,4435	1,4421	1,4415
4 DOT 4	1,4449	1,4448	1,4434	1,4424	1,4415
5 DOT 4	1,4449	1,4448	1,4434	1,4420	1,4412
6 DOT 4	1,4449	1,4447	1,4432	1,4420	1,4410
7 DOT 4	1,4449	1,4447	1,4433	1,4420	1,4410
8 DOT 4	1,4449	1,4449	1,4434	1,4422	1,4415
9 DOT 4	1,4450	1,4449	1,4435	1,4422	1,4415
10 DOT 4	1,4450	1,4447	1,4435	1,4423	1,4416

При анализе результатов экспериментальных исследований «увлажненных» образцов тормозной жидкости (табл. 1) видно, что значение показателя преломления снижается у всех образцов жидкостей при увеличении содержания воды. Прослеживаются минимальные отклонения значений показателя преломления у всех образцов жидкостей на одинаковых точках исследования – 1%, 2%, 3%, 4% концентрации воды. Поэтому были рассчитаны средние значения показателя преломления для всех образцов на одинаковых точках исследования, результаты представлены в табл. 2 и на рис. 4.

На рис. 4 представлен также расчетный график зависимости показателя преломления света тормозной жидкости класса DOT 4 от содержания воды, который был рассчитан по формуле

$$(n_1 - n_2) / 100, \quad (1)$$

где n_1 – показатель преломления «сухой» тормозной жидкости DOT 4; n_2 – показатель преломления воды – 1,3330.

По формуле (1) рассчитано численное значение изменения показателя преломления при добавлении 1% воды:

$$(1,4449 - 1,3330) / 100 = 0,001119.$$

Получившееся значение можно округлить до 0,001, т.е. при добавлении одного процента воды показатель преломления света тормозной жидкости должен уменьшиться на 0,001. Прогнозируемое изменение показателя преломления света тормозной жидкости при концентрации воды от 1% до 4% представлено на графике (рис. 4). Из представленного расчетного графика видно, что показатель преломления света уменьшается пропорционально увеличению процентного содержания воды в тормозной жидкости.

Таблица 2

Среднее значение показателя преломления света тормозной жидкости DOT 4 при добавлении воды

Класс тормозной жидкости	Показатель преломления света				
	Содержание воды в тормозной жидкости, %				
	0	1	2	3	4
DOT 4	1,4449	1,4448	1,4434	1,4422	1,4413

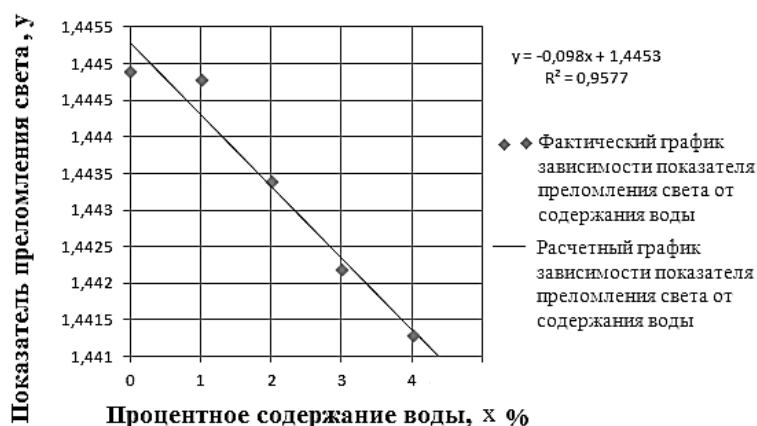


Рис. 4. График зависимости показателя преломления света тормозной жидкости DOT 4 от содержания воды



Полученная фактическая зависимость показателя преломления от содержания воды была аппроксимирована линейной функцией вида:

$$y = -0,098x + 1,4453. \quad (2)$$

Основываясь на полученной зависимости можно сделать вывод: если определить показатель преломления света «увлажненной» тормозной жидкости в процессе эксплуатации, то можно будет точно вычислить процентное содержание воды в тормозной жидкости. При этом погрешность будет минимальной. Также по полученной зависимости (рис. 4) видно, что интенсивность изменения показателя преломления света нарастает с увеличением концентрации воды в тормозной жидкости.

Результаты выполненного экспериментального исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Показатель преломления света тормозной жидкости снижается при увеличении концентрации воды в жидкости.

2. Показатель преломления света тормозных жидкостей класса DOT 4 различных производителей имеет небольшой диапазон изменения и находится в пределах значений 1,4448–1,4450.

3. По показателю преломления света «увлажненной» (работавшей) тормозной жидкости можно точно определить процентное содержание воды в ней в процессе эксплуатации автомобиля.

4. Полученная моделированием процесса «увлажнения» зависимость показателя преломления от содержания воды позволит более точно определять содержание воды в тормозной жидкости в процессе эксплуатации автомобиля, чем тестером типа SMC-118/1.

5. Предложенный для оценки «увлажнения» тормозных жидкостей метод рефракции может использоваться при оценке качества жидкостей в процессе эксплуатации автомобилей.

Статья поступила 30.09.2015 г.

Библиографический список

1. Геленов А.А., Сочевко Т.И., Спиркин В.Г. Контроль качества автомобильных эксплуатационных материалов: практикум: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 112 с.
2. Грамолин А.В., Кузнецов А.С. Топливо, масла, смазки,

жидкости и материалы для эксплуатации и ремонта автомобилей. М.: Машиностроение, 2005. 64 с.

3. Носова Е.В., Сапрыгина В.Н. Экспериментальное исследование свойств дизельного топлива // Вестник ИрГТУ. 2011. № 6. С. 69–72.

УДК 656.1

ВРЕМЕННОЙ ИНДЕКС – КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЗАГРУЗКИ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ НА КАЧЕСТВО ЕЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

© А.В. Трофимов¹

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены основные сетевые критерии для оценки качества и надежности функционирования городских транспортных систем и улично-дорожных сетей, особое внимание уделяется критерию временного индекса. Описана методика проведения исследования улично-дорожной сети города Иркутска при помощи транспортного средства, оснащенного спутниковым навигатором. По результатам обработки полученных в ходе эксперимента данных треков предлагается оценочная шкала значений временного индекса.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть; качество и надежность функционирования; временной индекс.

TIME INDEX AS AN ASSESSMENT CRITERION OF ROAD NETWORK LOADING EFFECT ON ITS OPERATION QUALITY

A.V. Trofimov

Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The paper deals with the main network criteria to evaluate operation quality and reliability of urban transport systems and road networks. Special attention is given to the criterion of time index. The methodology for the study of the Irkutsk city road network by means of a vehicle equipped with a satellite navigator is described. An assessment scale of time index values is proposed based on the results of processing the track data obtained in the experiment.

Keywords: road network; operation quality and reliability; time index.

Транспортная лаборатория ИРНИТУ выполняет исследования по разработке оценки качества и надежности функционирования городских транспортных систем и улично-дорожных сетей (УДС) [1–3], в

том числе на основе следующих критериев:

- временной индекс;
- буферный индекс;
- критерий Германа – Пригожина.

¹Трофимов Алексей Владимирович, аспирант, тел.: 89041312301, e-mail: trofimmail@mail.ru
Trofimov Aleksei, Postgraduate, tel.: 89041312301, e-mail: trofimmail@mail.ru