

ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ ВОДНО-ТОПЛИВНОЙ МИКРОЭМУЛЬСИИ ДЛЯ ТРАНСПОРТА

В.Н. Ложкин, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации;

В.А. Морозов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

В.И. Веттегрень, доктор физико-математических наук, профессор.

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук.

Ю.А. Пименов, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет).

Р.И. Мамалимов, кандидат технических наук, научный сотрудник.

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук

При помощи инфракрасной спектроскопии исследовано строение микроэмульсии из поверхностно активного вещества (олеата натрия) и капель воды с линейными размерами 1–3 мкм. Она используется в качестве стабилизатора для балластированных водой топлив, предназначенных для транспортных двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Установлено, что в микроэмульсии олеат натрия диссоциирован на положительно заряженный ион Na^+ и отрицательно заряженный ион остальной части молекулы. Последний ион вступает в водородную связь с молекулой воды. Это способствует уменьшению энергии диссоциации водородных связей между остальными молекулами воды и уменьшению энергии ее испарения в камерах сгорания ДВС.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, водно-топливная эмульсия, поверхностно активное вещество, инфракрасная спектроскопия

IR SPECTROSCOPIC STUDY OF THE STRUCTURE WATER FUEL MICROEMULSION FOR TRANSPORT

V.N. Logkin, V.A. Morozov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

V.I. Vettegren.

Ioffe physical technical institute of Russian academy of sciences.

Y.F. Pimenov.

Saint-Petersburg state technologycal institute (technical university).

R.I. Mamalimov.

Ioffe physical technical institute of Russian academy of sciences

Using infrared spectroscopy, the structure of the microemulsion was investigated of surfactant (sodium oleate) and water drops with the linear dimensions of 1–3 microns . It is used as a stabilizer for a vehicle internal combustion engines (ICE). Found that odeat sodium in microemulsions dissociates into positively charged Na^+ ions and negatively charged ion of the rest of surfactants molecule. Last ion forms hydrogen bond with water molecule. This reduces the dissociation energy of hydrogen bonds between water molecules and energy of evaporation in internal combustion engines.

Keywords: the internal combustion engine, water-fuel emulsion, surface active substances, infrared spectroscopy, free molecules of water

Ужесточение требований к экологическим свойствам транспортных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в связи с проблемами оздоровления среды обитания человека

и обеспечения устойчивости климата [1] (Tier-3 – международный стандарт – для судовых и промышленных, а также Euro-6 – экологический стандарт – для автомобильных двигателей [2]), актуализировали (по свидетельствам Конгресса СИМАК [2]) технологии увлажнения моторных топлив, в частности с помощью водно-топливных микроэмульсий (ВТМЭ). Стабилизация осуществляется поверхностно активными веществами (ПАВ). Исследование строения ВТМЭ с использованием инфракрасной (ИК) спектроскопии было начато в работе В.Н. Ложкина, Б.В. Гавкалюка, В.И. Веттергень «О связи молекулярной структуры водно-топливных эмульсий с экологической безопасностью транспортных двигателей» [3]. В данной работе приводятся результаты более детального исследования строения ВТМЭ.

В разработанной нами технологии приготовления балластированного водой топлива использован способ формирования микроэмульсии путем дробления воды на капли размером 1–3 мкм с одновременной стабилизацией размера капель с помощью ПАВ. В качестве ПАВ использовали олеат натрия – $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COONa}$. ВТМЭ готовили, растворяя 5 % вес. олеата в воде и последующего пропускания раствора через механический виброкавитационный гомогенизатор, общий вид которого показан на рис. 1.

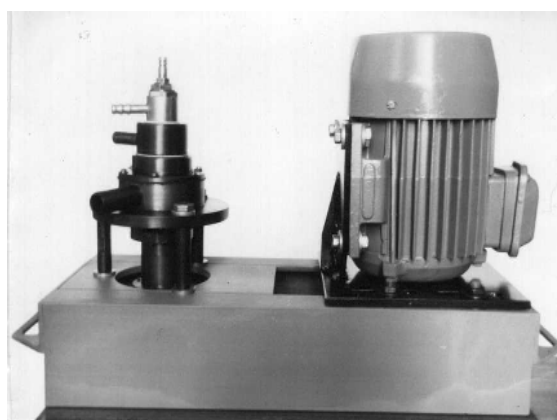


Рис. 1. Общий вид устройства для приготовления топлива, балластированного водой

Инфракрасные (ИК) спектры воды и ВТМЭ записывали на ИК-спектрофотометре Specord 75 IR.

На рис. 2 представлены фрагменты ИК-спектров воды и ВТМЭ в области 900–1800 cm^{-1} .

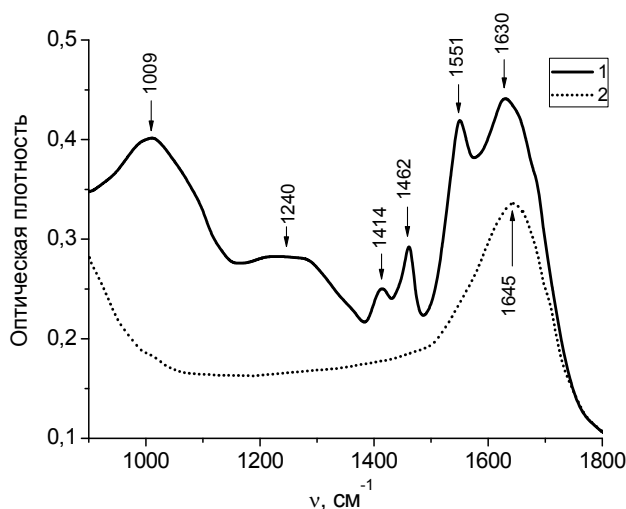


Рис. 2. Фрагменты ИК-спектров водно-топливных микроэмульсий (1) и воды (2) в области 900–1800 cm^{-1}

В спектре воды в этой области наблюдается только одна полоса поглощения – 1645 см^{-1} . Ее полуширина (ширина на середине максимальной оптической плотности) составляет $\sim 100\text{ см}^{-1}$. Она приписана деформационным колебаниям молекул воды. В спектре ВТМЭ максимум этой полосы расположен на частоте 1630 см^{-1} , ее полуширина $\sim 60\text{ см}^{-1}$. В этой же области наблюдаются полосы 1551 (колебания молекул воды, образующих водородную связь с ионом $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$), 1642 , 1414 , 1240 и 1009 см^{-1} (колебания иона $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$) [4, 5].

Из анализа данного спектра следует, что в воде молекула ПАВ диссоциирует на два иона – отрицательно заряженный ион $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$ и положительно заряженный ион Na^+ . Отрицательно заряженный ион образует водородную связь с молекулой воды. Это ведет к уменьшению средней частоты колебаний остальных молекул на 15 см^{-1} – от 1645 до 1630 см^{-1} . В свою очередь, уменьшение частоты колебаний означает, что длина водородных связей между молекулами воды увеличивается, а энергия их диссоциации (испарения) уменьшается. Обращает на себя внимание, что полоса 1630 см^{-1} асимметрична в сторону высоких частот. Асимметрия обусловлена тем, что по мере удаления от отрицательно заряженного иона энергия диссоциации водородных связей увеличивается.

На рис. 3 показан дифференциальный спектр (полученный путем вычитания спектра ВТМЭ из спектра воды). В нем существует полоса 3754 см^{-1} , приписанная колебаниям молекул воды, не участвующих в образовании водородных связей друг с другом. Такие молекулы располагаются, по-видимому, между молекулами олеата натрия, покрывающего пленкой микрокапли воды в эмульсии. Можно предположить, что существование таких молекул играет важную роль в условиях камеры сгорания двигателя. При нагревании они испаряются в первую очередь, тем самым способствуя разрушению оболочки из ионов олеата натрия.

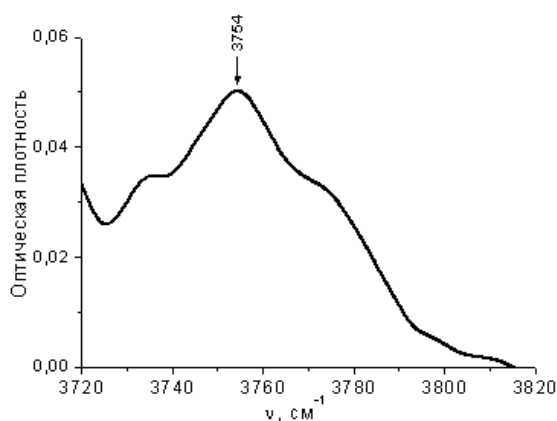


Рис. 3. Дифференциальный спектр водно-топливных микроэмульсий и воды

Таким образом, проведен анализ инфракрасных спектров ВТМЭ, стабилизированной олеатом натрия. Оказалось, что при взаимодействии с водой молекула олеата диссоциирует на ионы $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COO}^-$ и Na^+ . Отрицательно заряженный ион вступает в водородную связь с молекулами воды, что ведет к уменьшению энергии диссоциации водородных связей между молекулами воды и способствует их испарению в двигателе внутреннего сгорания.

Литература

1. Commission regulation (EU) № 582/2011 of 25 May 2011 implementing and amending Regulation (EC) № 595/2009 of the European Parliament and of the Council with respect

to emissions from heavy duty vehicles (Euro VI) and amending Annexes I and III to Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council // Official Journal of the European Union. 2011. June 25. L 167/1.

2. Мельник Г.В. Технологии снижения вредных выбросов дизелей. Состояние и перспективы развития (по материалам конгресса СИМАК 2010) // Двигателестроение. 2011. № 4 (246). С. 48–56.

3. Ложкин В.Н., Гавкалюк Б.В., Веттегрень В.И. О связи молекулярной структуры водно-топливных эмульсий с экологической безопасностью транспортных двигателей // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 2 (26). С. 43–50.

4. Couzist A., Gulari E. Adsorption of Sodium Laurate from Its Aqueous Solution onto an Alumina Surface. A Dynamic Study of the Surface-Surfactant Interaction Using Attenuated Total Reflection Fourier Transform Infrared Spectroscopy // Langmuir. 1993. Vol. 9. P. 3414–3421.

5. Varma R.P., Kumar U., Sangal P. Characterization of Sodium Soap and their Refractive Index Studies in Metanol // Chemistry: an Asian Journal. 2000. Vol. 12. N. 3. P. 659–662.