

УДК 621.431.74 – 185.3

О.П. Радченко, А.Р. Мацкевич,

*Киевская государственная академия водного транспорта, Севастопольский факультет,
ул. Ретина 3, Севастополь, 99045*

E-mail: rom1643@mail.ru

О.П. Чуб

*Керченский государственный морской технологический университет,
ул. Орджоникидзе 82, Керчь, АР Крым, 98309*

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ТЯЖЕЛОГО ТОПЛИВА КАК КРИТЕРИЯ ГОТОВНОСТИ К СГОРАНИЮ

Анализ диэлектрической проницаемости тяжелого судового топлива при воздействии различных физических полей (электромагнитное воздействие и ультразвуковая обработка) на реологические показатели высоковязких судовых топлив, оценена возможность использования диэлектрической проницаемости в качестве критерия для автоматического изменения эксплуатационных свойств тяжелого топлива.

Ключевые слова: *судовое топливо, электромагнитное поле, диэлектрические свойства.*

Введение. Традиционное автоматическое управление эксплуатационной готовностью к впрыску тяжелого топлива в рамках судовых энергетических систем основано на контроле кинематической вязкости среды. Однако, вязкость, являясь обобщенным гидродинамическим показателем, не в полной мере отражает степень разрушения структуры среды. Поиск более корректного критерия для оценки эффективности различных воздействий привел к необходимости оценки топливной среды как диэлектрика [1].

К основным электрическим свойствам топлив, дающим возможность определить изменения их молекулярной структуры, относятся: диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь, электрическая проводимость и электризуемость. В данной работе в качестве фактора, отражающего структурные изменения в исследуемой среде выбрана диэлектрическая проницаемость.

Постановка задачи. Цель данной работы — определение характеристик диэлектрических свойств топливной среды при различных воздействиях физических полей и повышении температуры. А также определение адекватности полученных результатов в соответствии с современными представлениями о среде тяжелого судового топлива.

Величина диэлектрической проницаемости определяется отношением емкости конденсатора в диэлектрике C и в вакууме C_0 . В качестве исследования влияния физических полей на структуру высоковязкого топлива использовалась экспериментальная установка (рисунок 1). Замкнутый контур трубопроводов циркуляции топлива включает в себя насос, бака с подогревом и устройства, оказывающие ультразвуковое и электромагнитное воздействие.

Для измерения показателя диэлектрической проницаемости применялся резонансный метод, заключающийся в измерении емкости измерительной ячейки с двумя электродами, между которыми находится испытуемая жидкость. Измерения проводились на приборе измерения добротности типа Е4-4. Расчет диэлектрической проницаемости проводился по формуле:

$$\varepsilon = \frac{C_1 - C_n}{C_0 - C_n},$$

где ε – показатель диэлектрической проницаемости, C_0 – емкость (мкФ) измерительной ячейки с воздухом, C_1 – емкость измерительной ячейки с воздухом, C_n – паразитная емкость ячейки.

Для цилиндрического емкостного конденсатора следует:

$$C_0 = \frac{2\pi\varepsilon\varepsilon_0}{1/\ln(R_2/R_1)},$$

где R_1 и R_2 – наружный и внутренний радиусы цилиндрических пластин конденсатора; ε_0 – показатель диэлектрической проницаемости на воздухе.

Изучение изменений дисперсной структуры топлива под воздействием физических полей проводилось методом снятия статической диэлектрической проницаемости, что было достигнуто путем объединения датчиков в проточной измерительной ячейке.

Проточная емкостная ячейка представляет собой две вложенные одна в другую трубки, выполненные из нержавеющей стали; зазор между внешним диаметром внутренней и внутренним диаметром внешней трубки не более 0,4 мм. В качестве калибровочных жидкостей использован метанол, изопропанол и вазелиновое масло.

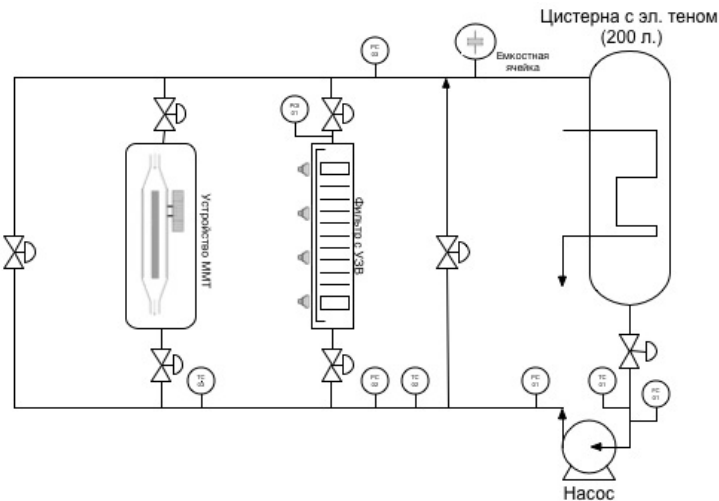


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

На диаграммах (рисунок 2) представлены опытные данные нагрева топлива, пропущенного по замкнутой петле с шестеренным насосом. Даже обычный нагрев высоковязкого топлива дает картину изменения диэлектрической проницаемости.

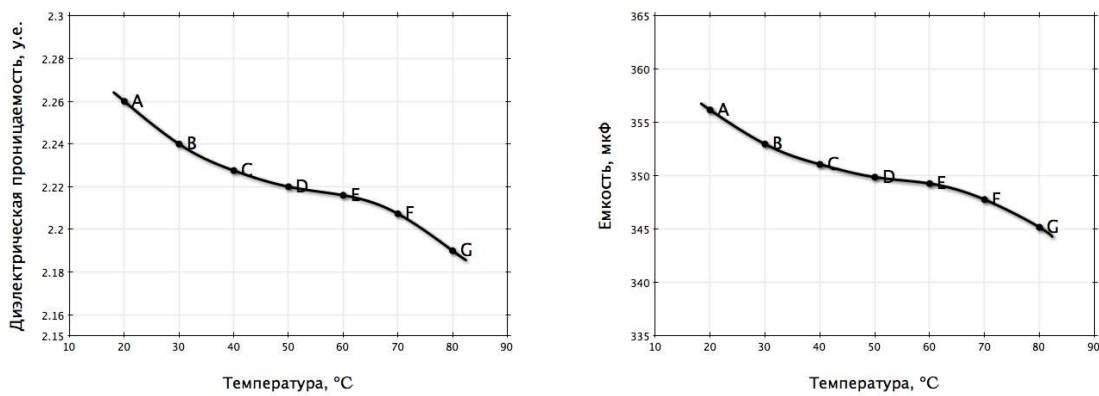


Рисунок 2 – Изменение показаний ДП при нагреве топлива

Диэлектрическая проницаемость напрямую зависит от состава углеводородных компонентов топлива, которые под действием температуры изменяются и преобразуются. Так наименьшими значениями этого показателя обладают алканы, наибольшей — арены. Состав топливной смеси будет различным для топлив различного происхождения, а также технологические особенности производства могут изменить состав углеводородов в смеси продукта.

На рисунке 3 показана динамика изменения диэлектрической проницаемости в процессе фильтрации через пористую среду с размерностью ячейки до 10 мкм.

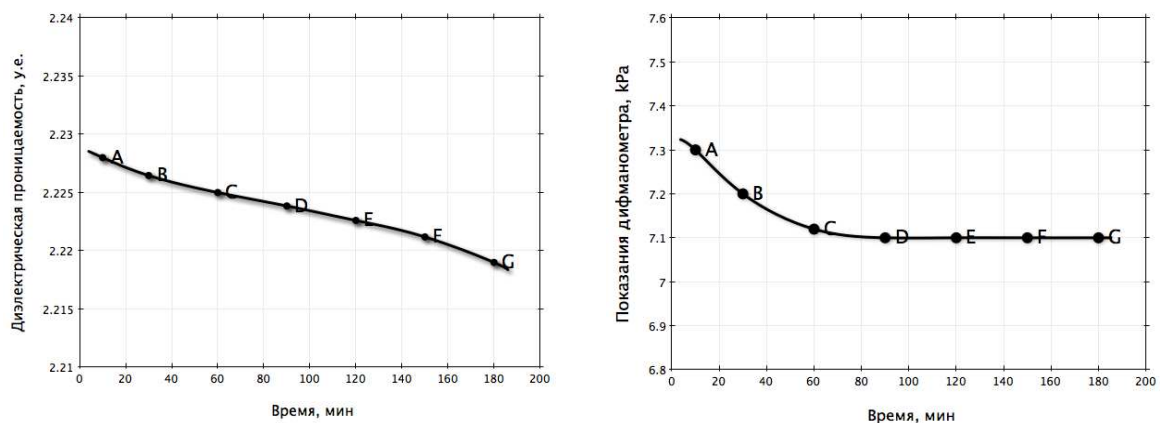


Рисунок 3 – Процесс фильтрации без УЗВ при температура топлива 40 °C

Рассмотренный нефтепродукт представлен в нашем понимании как тиксотропная смесь цепей ветвлений углеводородов разных размерностей и фракций, содержащих тяжелые компоненты — парафины, смолисто-асфальтеновые вещества. В результате имеем структурную составляющую вещества с псевдопластическими и вязкопластическим реологическим поведением вещества во время фильтрации. В качестве реологической модели процесса принята уточненная модель вязкопластического тела Шведова-Бингама [4].

Анализ реологических процессов (рисунок 3) позволяет сделать вывод об их принадлежности к более широкому классу физических процессов – двусторонним физическим процессам рекомбинации углеводородов, для которых на первой стадии характерно скачкообразное изменение свойств при достижении взаимодействующего топлива с фильтрационным элементом некоторого энергетического порога – энергии сдвига (активации). Процессы фильтрации с интенсивной ультразвуковой обработкой топлива в камере фильтра были объединены в одной камере.

На диаграммах (рисунок 4, 5) виден более нелинейный интенсивный спад статической диэлектрической проницаемости, которая несет информацию о полярности структурной системы нефтепродукта. Для данной петли (формфактор гистерезиса), характерно явление «насыщения», а также различие параметров кривых траекторий между крайними состояниями при общей принципиальной схожести.

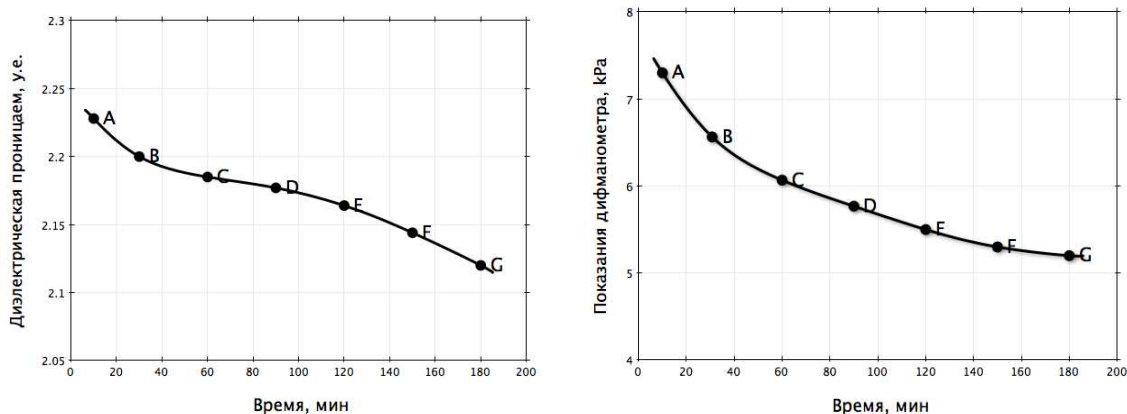


Рисунок 4 – Процесс фильтрации с УЗВ при температура топлива 40 °С

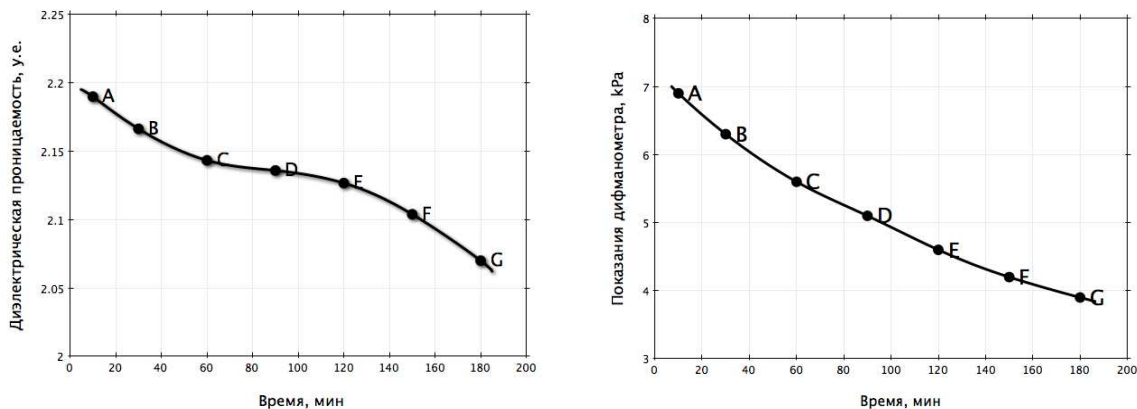


Рисунок 5 – Процесс фильтрации с УЗВ при температура топлива 80 °С

Подтверждается свойство тиксотропности представленной жидкости и парамагнетизм смеси, что не противоречит представлениям, изложенных Унгером Ф.Г. [3]. Таким образом, очевидно, что к высоковязким топливам применим подход, как к классическому жидкокристаллическому веществу МББА. Характер графиков можно объяснить распадом комплекса дисперсной фазы высокомолекулярных парафинов используемого в опыте топлива под действием интенсивной ультразвуковой обработки топлива в камере фильтра. Наблюдается интенсивное снижение значений диэлектрической проницаемости до коридора минимальных значений, что отражает природу нефтепродукта.

Наряду с ультразвуковым воздействием, комплекс проведенных работ включал в себя исследование взаимодействия слабых электрических полей образец судового тяжелого высоковязкого топлива. Дополнительный контур циркуляции стенда был соединен с устройством высокочастотной

электромагнитной обработки (далее ММТ), который изготовлен в соответствии с принципами разработанными Институтом проблем транспорта Российской АН (г. Санкт-Петербург) [5]. Полученные данные свидетельствуют о скачкообразном снижении диэлектрической проницаемости исследуемой среды (рисунки 6 и 7). Подтверждаются представления о влиянии воздействия физических полей на углеводороды. Уменьшения показаний диэлектрической проницаемости, топливной среды свидетельствует об изменении комплексных свойств структуры среды, что свою очередь влияет на эксплуатационные параметры топлива [5].

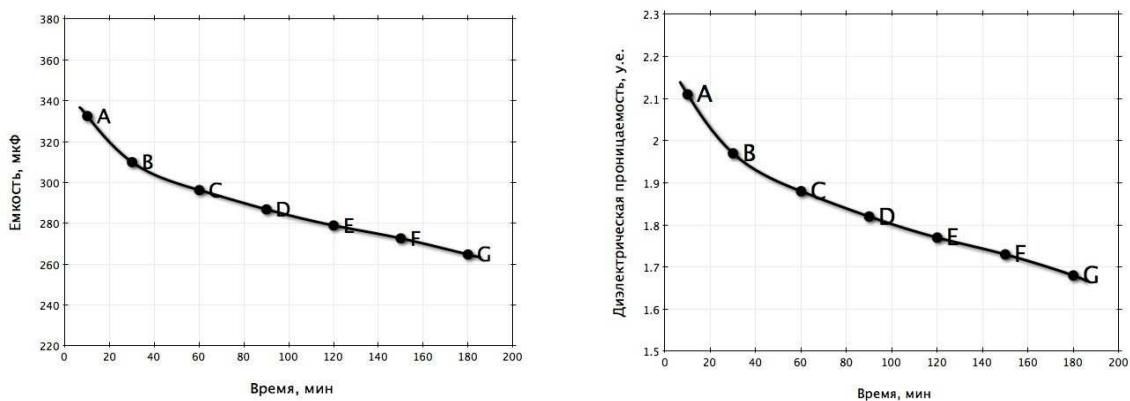


Рисунок 6 – Процесс обработки топлива ММТ устройством при температуре 40 °С

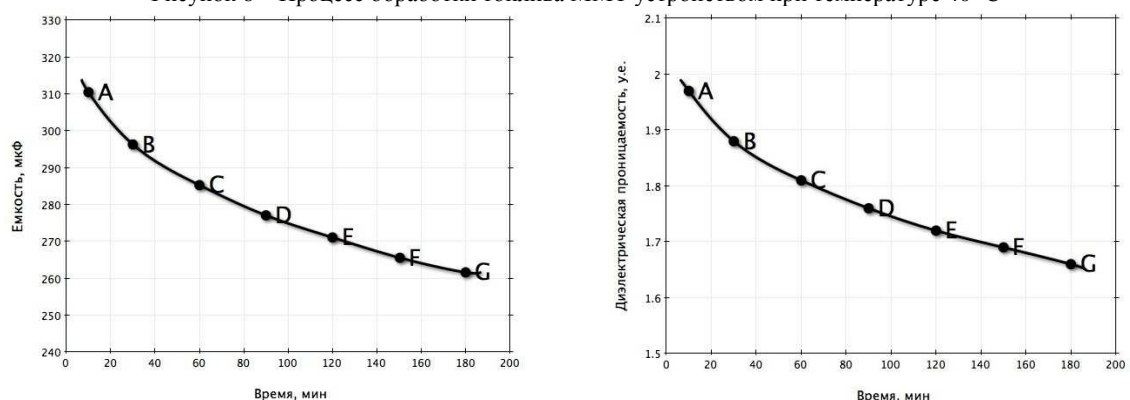


Рисунок 7 – Процесс обработки топлива ММТ устройством при температуре 80 °С

Результатом воздействия возбуждаемого в устройстве переменного электрического поля высоких напряженностей является уменьшение вязкости и, как следствие, диэлектрической проницаемости топлива. Эффект инжекции электрического заряда в структурные слои топлива, в результате которого в ней возникают ионы и иономолекулярные комплексы, которые могут приводить к изменению структуры топливной среды и заметно влиять на наблюдаемую в электрическом поле вязкость [4].

Появляющаяся, новая химическая структура, приобретаемая жидким углеводородным топливом устанавливается в течении нескольких часов и сохраняется в течении длительного времени.

Заключение. Результаты исследования показали адекватность принятого метода измерительного контроля диэлектрической проницаемости и подтверждаются выводами группы под руководством Мурамовича В.Г. Института проблем транспорта РАН

Выявлена возможность эффективного использования диэлектрических свойств тяжелых топлив в качестве управляющего критерия в системах контроля и управления их эксплуатационными свойствами.

Библиографический список использованной литературы

1. Актуальные вопросы подготовки топлива в судовых энергетических установках / О.П. Радченко, А.Р. Мацкевич, А.В. Неменко, О.П. Чуб // Вісник СевНТУ. Серія: Механіка, енергетика, екологія: зб. наук. пр. — Севастополь, 2012. — Вип. 132. — С. 115–118.
2. Унгер Ф.Г. Фундаментальные аспекты химии нефти. Природа смол и асфальтенов / Ф.Г. Унгер, Л.Н. Андреева // Институт химии нефти Сибирского отделения РАН. — Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1995. — 192 с.
3. Коллинз Р. Течение жидкостей через пористые материалы / Р. Коллинз. — М.: Мир, 1964. — 375 с.

4. Положенко С.А. Математическое моделирование процессов фильтрации аномальных жидкостей / С.А. Положенко // Труды Одесского политехнического университета. — Одесса, 2004. — Вып. 2 (22).

5. Мурамович В.Г. Теоретико-методические основы молекулярной модификации углеводородного топлива для транспортных средств электрическими полями: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01: защищена 03.10.13 / Мурамович Виктор Григорьевич. — С-Пб., 2013. — 251 с.

Поступила в редакцию 2.04.2014 г.

Радченко О.П., Мацкевич А.Р., Чуб О.П. Дослідження діелектричної проникності важкого палива як критерію готовності до згорання

Дано аналіз діелектричної проникності важкого суднового палива при впливі різних за своєю природою фізичних полів (електромагнітний вплив і ультразвукова обробка) на реологічні показники високов'язких суднових палив, здійснено оцінку можливості використання діелектричної проникності в якості критерію для автоматичного керування експлуатаційними властивостями важкого палива.

Ключові слова: тяжке паливо, діелектрична проникність.

Radchenko O. P., Matskevych A.R., Chub O.P. The studying of dielectric conductivity of heavy fuel oil as combustion readiness criteria

This article is an attempt to analyze the dielectric conductivity of heavy marine fuel under different nature of physical fields influence (electromagnetic and ultrasonic impact treatment) on the rheological properties of used fuel oils, as well as to assess the possibility of using the dielectric conductivity as a criterion for the automatic control of fuel operating properties.

Keywords: heavy fuel oil, dielectric conductivity.