

УДК 621.431.74 – 185.3

О.П. Радченко, А.Р. Мацкевич,

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

О.П. Чуб

Керченский государственный морской технологический университет

ул. Орджоникидзе 82, Керчь, АР Крым, Украина, 98309

E-mail: rom1643@mail.ru

АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ГОТОВНОСТИ ТЯЖЕЛОГО ТОПЛИВА К СГОРАНИЮ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ

Представлен анализ диэлектрической проницаемости тяжелого судового топлива при воздействии разных по своей природе физических полей (электромагнитное воздействие и ультразвуковая обработка) на реологические показатели высоковязких судовых топлив, а также оценка возможности использования диэлектрической проницаемости в качестве критерия для автоматического управления эксплуатационными свойствами тяжелого топлива.

Ключевые слова: *судовое топливо, электромагнитное поле, диэлектрическое свойство.*

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 заставил авторов обратиться к свойствам топливной среды как диэлектрика [1].

К основным электрическим свойствам топлив, дающим возможность более полно определить изменения молекулярной структуры высоковязких топлив, относятся диэлектрическая проницаемость, тангенс угла диэлектрических потерь, электрическая проводимость и электризуемость. Остановимся более детально на первой из них и укажем методологию выбора именно данного параметра, который более информативно указывает на возникновение структурных изменений в исследуемой среде.

Целью работы является определение характеристик диэлектрических свойств топливной среды при различных воздействиях физических полей и повышения температуры среды. А также определение адекватности полученных результатов в соответствии с современными представлениями о среде составляющей тяжелые судовые топлива.

В численном выражении величина диэлектрической проницаемости определяется отношением емкости конденсатора в диэлектрике C и вакууме C_0 . В работе в качестве исследования влияния физических полей на структуру высоковязкого топлива использовалась экспериментальная установка, схема которой изображена на рисунке 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 в работе применялся резонансный метод, заключающийся в измерении емкости измерительной ячейки с двумя электродами, между которыми находится испытуемая жидкость, при последующем расчете диэлектрической проницаемости. 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 имеем следующее уравнение

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

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

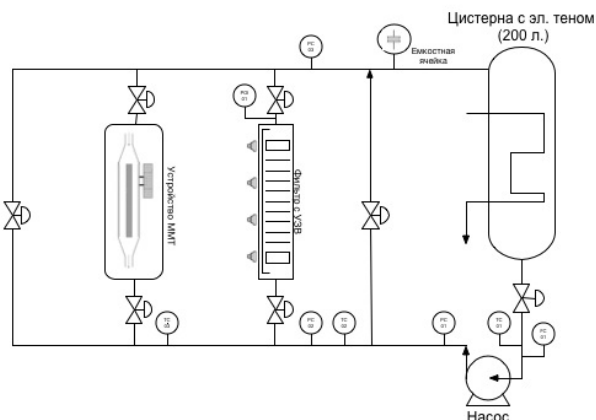


Рисунок 1 –Схема установки для оценки влияния физических полей на структуру тяжелого топлива

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.

На рисунке 2 приведены опытные данные нагрева топлива, пропущенного по

замкнутой петле с шестеренным насосом. Даже обычный нагрев высоковязкого топлива дает интересную картину изменения ДП.

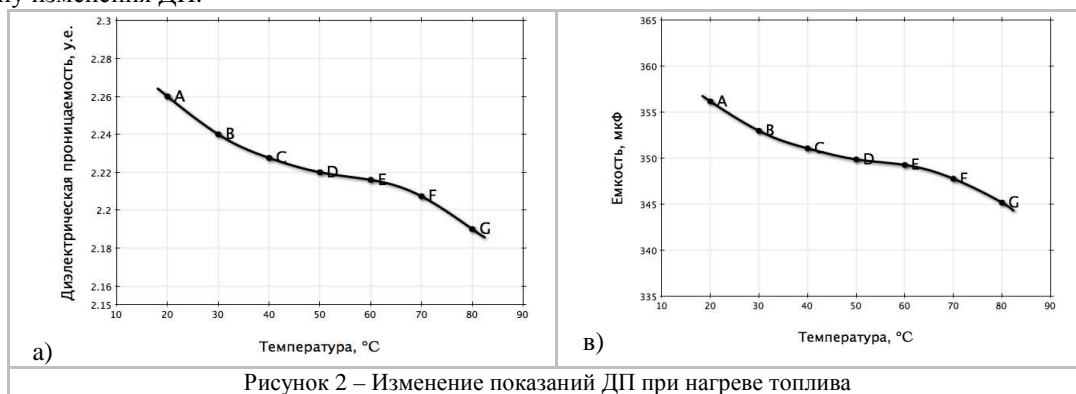


Рисунок 2 – Изменение показаний ДП при нагреве топлива

Очевидно, что диэлектрическая проницаемость напрямую зависит от состава углеводородных компонентов топлива, которые под действия 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 показаний диэлектрической проницаемости при протекании процесса фильтрации при постоянной температуре через пористую среду с размерностью ячейки фильтрующего элемента до 10 мкм.

Для рассмотренного нефтепродукта, представленного 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 процессов его фильтрации. Можно показать основные особенности, связанные с таким поведением фильтрующегося топлива, приняв в качестве основной уточненную модель вязкопластического тела Шведова-Бингама [4].

Анализ реологического процесса, представленного на рисунке 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), до коридора минимальных значений, которые непосредственно зависят от природы нефтепродукта. Для развития данной идеи было объединены процессы фильтрации с интенсивной ультразвуковой обработкой топлива в камере фильтра.

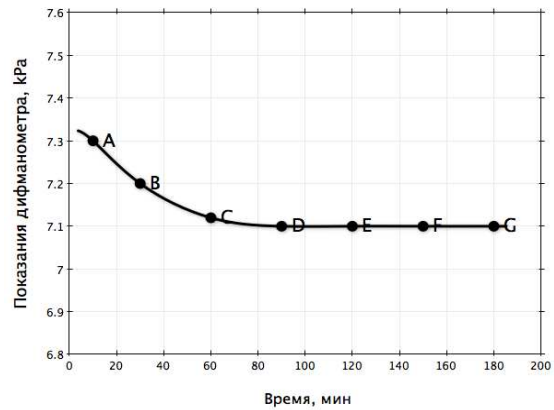
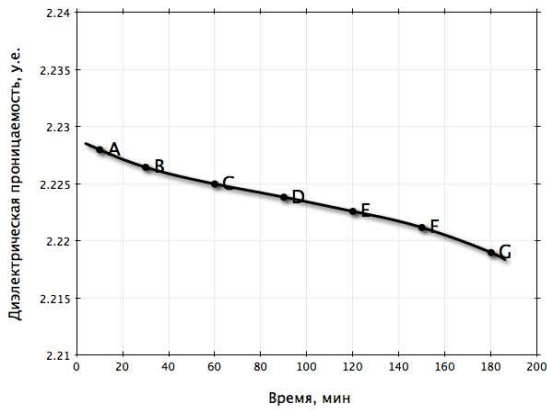


Рисунок 3 – Процесс фильтрации без УЗВ при температура топлива 40 °С

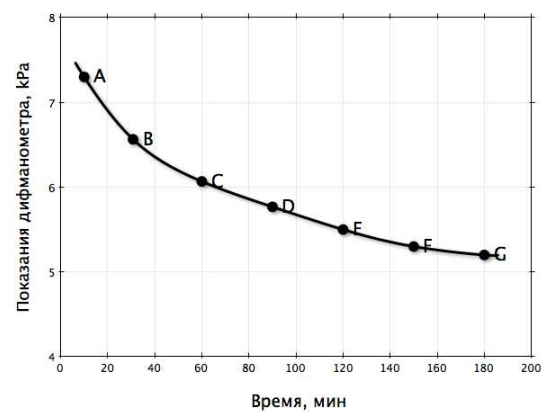
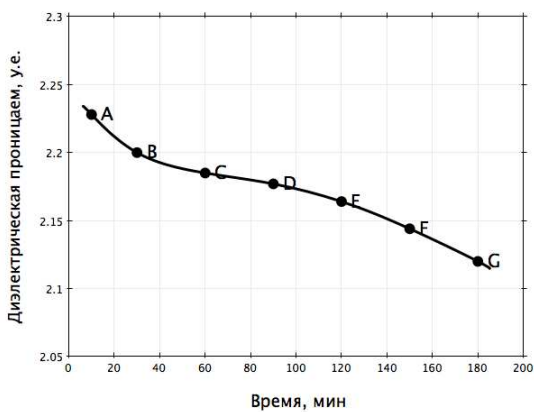


Рисунок 4 – Процесс фильтрации с УЗВ при температура топлива 40 °С

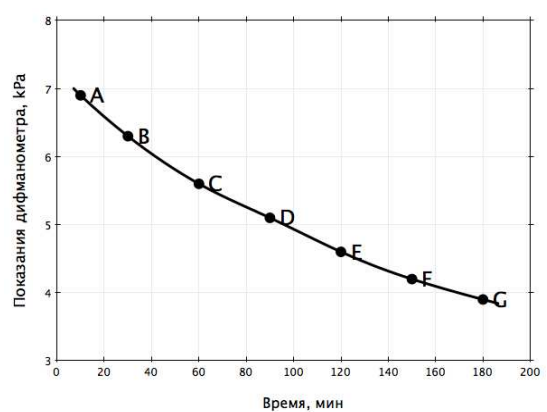
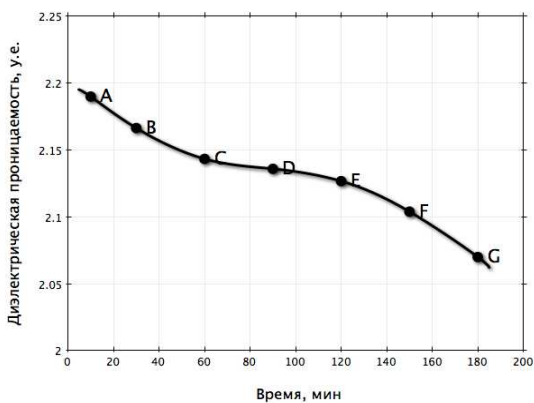


Рисунок 5 – Процесс фильтрации с УЗВ при температура топлива 80 °С

На представленных здесь графиках (рисунки 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.

С уверенностью можно говорить о значительной мере тиксотропности представленной жидкости и парамагнетизме смеси, что не противоречит представлениям, изложенных Унгером Ф.Г. [3]. Данное явление служит подтверждением того, что к высоковязким топливам применим подход, как к классическому жидкокристаллическому веществу МББА с некоторыми уточнениями. Характер графиков можно попытаться объяснить распадом комплекса дисперсной фазы высокомолекулярных парафинов используемого в опыте топлива под действием интенсивной ультразвуковой обработки его в камере фильтра. При этом происходит интенсификация процесса более глубокого снижения значений диэлектрической проницаемости до коридора минимальных значений, которые непосредственно зависят от природы нефтепродукта.

Наряду с ультразвуковым воздействием, комплекс проведенных работ включал в себя исследование взаимодействия слабых электрических полей образец судового тяжелого высоковязкого топлива. Дополнительный контур циркуляции стэнда был соединен с устройством высокочастотной электромагнитной обработки (далее ММТ), разработанным и изготовленным в соответствии с рекомендациями Института проблем транспорта Российской АН (г. С.-Петербург) [5]. В результате проведения опытов полученные данные свидетельствуют о скачкообразном снижении диэлектрической проницаемости исследуемой среды (рисунки 6, 7). Таким образом, подтверждаются изложенные ранее представления о том, что воздействие физических полей на углеводороды может приводить к тем же результатам, что и процессы термического разложения остатков процесса возгонки нефти в условиях нефтеперерабатывающих заводов. Уменьшения показаний диэлектрической проницаемости, топливной среды позволяет говорить в данном случае о изменении комплексных свойств структуры среды, что свою очередь оказывает влияние на эксплуатационные параметры топлива [5].

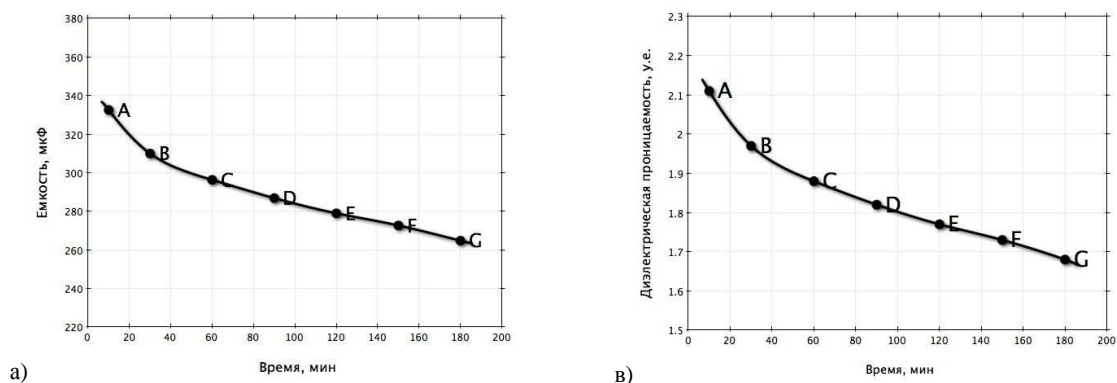


Рисунок 6 – Процесс обработки топлива ММТ устройством при температуре 40 градусов

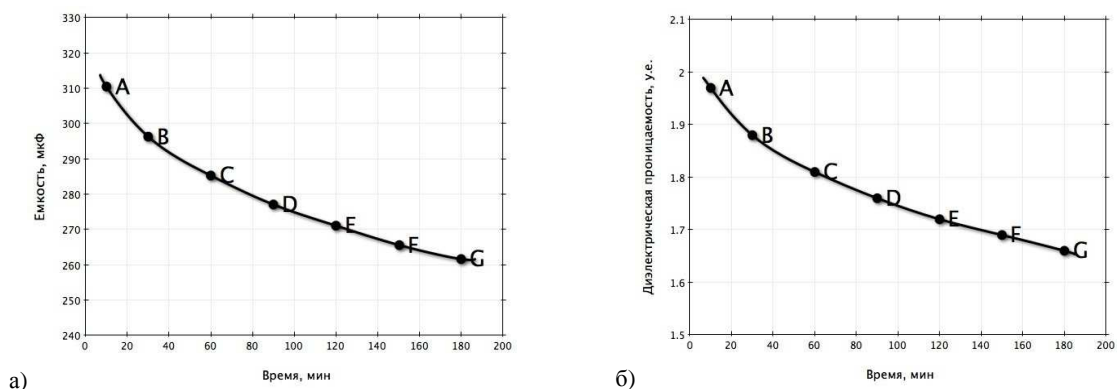


Рисунок 7 – Процесс обработки топлива ММТ устройством при температуре 80 градусов

Таким образом, подтверждено, что результатом воздействия возбуждаемого в устройстве переменного электрического поля высоких напряженностей является уменьшение вязкости и, как следствие, диэлектрической проницаемости топлива. Такой эффект с инъекцией электрического заряда в структурные слои топлива, в результате которого в ней возникают ионы и иономолекулярные комплексы, что в свою очередь могут приводить к изменению структуры топливной среды и заметно влиять на наблюдаемую в электрическом поле вязкость [4]. В результате воздействия физическим полем на топливо, новая химическая структура, приобретаемая жидким углеводородным топливом, устанавливается в течение нескольких часов и сохраняется в течение длительного времени, что подтверждается полученными графиками.

Заключение. Результаты исследования показали адекватность принятого метода измерительного контроля такой структурно чувствительной характеристики топливной среды как диэлектрическая проницаемость. Результаты данной работы полностью подтверждаются выводами группы исследователей Института проблем транспорта РАН под руководством Мурамовича В.Г.

Результаты исследования показали потенциальную возможность эффективного использования диэлектрических свойств тяжелых топлив в качестве управляющего критерия в системах управления их эксплуатационными свойствами.

Перспективы дальнейших исследований заключаются в автоматизации процесса подготовки тяжелого топлива.

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. 132/2012. — С. 115–118.
2. Унгер Ф.Г. Фундаментальные аспекты химии нефти. Природа смол и асфальтенов. / Ф.Г. Унгер, Л.Н. Андреева. — 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 // Тр. Одесского политех. ун-та. — Одесса, 2004. — Вип. 2(22). — С. 14–20.
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 02.12.2013 г.

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

У статті представленні спроби аналізу 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, а також оцінка 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. Studing the dielectric capacity of heavy fuel oil as a combustion readiness criterion

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

Keywords: heavy fuel oil, dielectric permittivity.