

Східно-Гренландським плином у Північній Атлантиці. Показано, що за час теплового сезону воді арктичного походження не встигають рівномірно розподілитися в зоні 50 – 70 °півн.ш., як це передбачається при моделюванні термохаліної катастрофи. При ширині плинку 100 км і значенні коефіцієнта горизонтальної турбулентної дифузії 1000 м<sup>2</sup>/с навіть через 1,5 місяці концентрація відповідних часток на відстані 250 км від берега ще на 2 порядки менше, ніж у берега.

**Ключові слова:** Чисельне моделювання, термохалінна катастрофа, танення криги, течія, горизонтальна турбулентність, метод Монте-Карло.

*The model is suggested that simulates advection and turbulent diffusion by Monte-Carlo method. As example the results of the calculation for fresh water transfer by East Greenland current in the North Atlantic are considered. It is shown that during warm season incoming Arctic water have no time to be distributed uniformly in the zone 50-70 N, as it was suggested in thermohaline catastrophe models. Currents width was set 100 km, horizontal turbulent diffusion coefficient was 1000 m<sup>2</sup>/s. After calculations for 1,5 monthes initial particles concentration near the coast was 100 times more, then at 250 km from the coast.*

**Keywords:** Numerical simulation, thermohaline catastrophe, ice melting, current, horizontal turbulence, Monte-Carlo method.

УДК 621.431.74

**Мацкевич А.Р., Радченко О.П.**

## ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА МОТОРНОГО ТОПЛИВА

*В работе рассмотрено влияние ультразвуковой обработки судового топлива на истечение его из сопел распылителя. Также посредством микроскопического анализа установлена взаимосвязь между временем истечения и такими особенностями жидкокристаллической структуры среды как дефекты и директор ориентации молекул.*

**Ключевые слова:** судовое топливо, жидкокристаллические структуры, дефекты структуры, истечение топлива.

В свете появившихся представлений о жидкокристаллической структуре топливной среды [1] авторы полагают, что возможности ультразвуковой обработки (УЗО) топлива требуют более глубокого изучения. Для выяснения взаимосвязи характеристик макро и микромиров топливной среды в данной работе влияние УЗО на топливо исследовано с использованием двух методов: посредством анализа времени истечения из отверстий распылителя форсунки, а также посредством микроскопического анализа структуры топливной среды поляризационным методом микроскопии. Схема установки для исследования влияния УЗО топлива на время его истечения через распылитель форсунки, изображена на рис.1. Топливо, содержащееся в емкости при открытом зажиме, стекает под действием силы тяжести. Через капилляр соединённый герметично с полостью распылителя форсунки и через сопла (сверления) стекает в сборную ёмкость.

Принимаем допущение, что площадь любого сечения канала от емкости до сопел распылителя значительно больше, нежели суммарная площадь сопел, которые и приняты за ме-

сто истечения топлива в системе. Расстояние между уровнем топлива в емкости и нижней точкой распылителя составляет 58 см.

Во время опыта было изучено влияние, которое оказывает ультразвук, при обработке им дизельного топлива в течение различных промежутков времени, на скорость его истечения через сопла распылителя.

На протяжении всего опыта, образцы топлива подвергались изучению путём микроскопического анализа, что дало возможность связать изменение скорости истечения с структурой среды. Такой подход позволил сделать предположения о связи такого эксплуатационного свойства как вязкость топлива с микроструктурой топливной среды. В установке использован распылитель 45TE368T3, применяющийся в двигателях. В качестве ультразвукового генератора для УЗО топлива, было использовано устройство «Ультратон МС-2000м» с частотой колебаний пьезокерамического излучателя 22кГц.

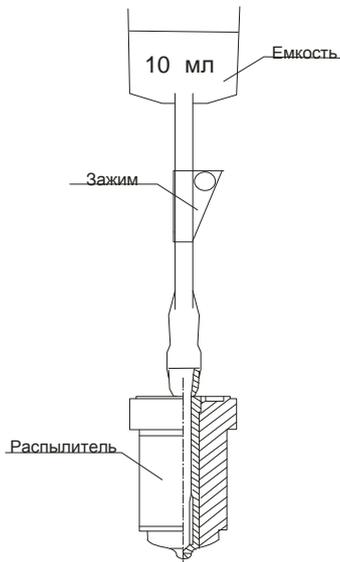


Рис. 1. Схема установки

В первой серии из пяти опытов использовалось топливо, без какой-либо предварительной обработки. Среднее время истечения необработанного топлива составляет  $T_1^{CP}=33,4$  с.

Во второй части опыта использовалось топливо, прошедшее часовую обработку ультразвуком. В течение обработки отбирались пробы сразу же подвергаемые анализу и истечению в установке. Данные, полученные в зависимости от выбранного периода времени после обработки, занесены в табл.1.

Таблица 1

Данные истечения обработанного топлива прошедшего часовую обработку

Номер опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Время обработки, мин	1	2	5	10	15	20	25	30	35
Время истечения топлива, сек.	45	37	35	31	28	27	28	27	28

В течение минуты после обработки зафиксирован рост времени продолжительности истечения топлива (45 сек.) по сравнению с необработанным топливом. На 2-ой минуте произошло резкое уменьшение времени истечения до 37 сек. Дальнейшие опыты показали установившееся время истечения топлива, равное 27,5 сек., после 15 минуты проведения опытов. Как можно заметить, время истечения обработанного топлива заметно понизилось по сравнению с первоначальными результатами исходного образца.

При повторении серии опытов части рост времени истечения после одной минуты обработки достигал 58 секунд. Однако, к двадцатой минуте время истечения снижалось до 25 секунд и оставалось неизменным даже при двухчасовой обработке. Причем изменения температуры топлива зафиксировано не было.

Для описания процессов протекавших во время эксперимента примем следующие допущения. Топливная среда является жидкокристаллическим телом с вытекающими отсюда реологическими свойствами. Стационарное движение топлива в канале может быть рассмотрено как истечение вязко-пластичного тела Бингама [2]. Характеристики микромира среды могут объяснить исследуемые эксплуатационные (физические) свойства топлив [3].

Микроскопическое исследование показало следующую картину. До воздействия топливо представляет собой вязко-пластичную среду (тело), большая часть молекул которой, как видно из снимков на рис. 2, имеет одно преимущественное направление ориентации. В этой однородной, прозрачной области, директор всех молекул которой параллелен, а общая ориентация преимущественно перпендикулярна или параллельна оси поляризации микроскопа. На рис. 2(а) представлен образец топлива без дополнительной УЗО.

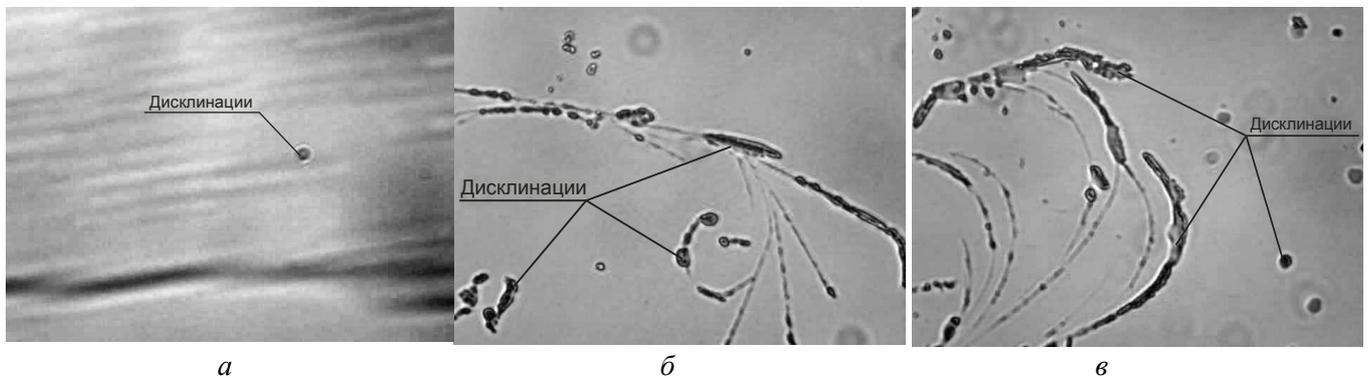


Рис. 2. Снимок под микроскопом опытного образца топлива:  
а – без УЗО; б – после часовой УЗО; в – после двухчасовой УЗО

В опыте использовалось лёгкое судовое топливо. При рассмотрении такого образца как термотропного жидкокристаллического тела, в разных его частях имеют место быть разрозненные дефекты структуре, то есть ЖК поле директора  $n(r)$  может иметь особые точки, линии, поверхности и участки, где направление вектора  $n$  является неопределённым. Эти особенности называются соответственно точечными, линейными, поверхностными и объёмными дефектами. Как видно на рис. 2а у не обработанного топлива показатель количества дефектов, а именно степени упорядоченности всей среды, мал. Далее будем рассматривать двумерные дефекты – дисклинации [4], идентификация которых при используемом методе анализа достаточно однозначна. Взаимное расположение молекул в рассмотренном примере является промежуточным между аморфными жидкостями, в которых дальний порядок полностью отсутствует, и твёрдыми кристаллами, где существует трёхмерный координационный дальний порядок (упорядоченность в расположении центров тяжести молекул) и ориентационный дальний порядок (упорядоченность в ориентации молекул).

Жидкокристаллическая структура судовых топлива характеризуется ориентацией продольных осей молекул вдоль некоторого направления, обусловленным наличием внутреннего поля ЖК, которое должно быть причиной упорядоченности молекулярных диполей (дальний ориентационный порядок). Упорядоченность в ориентации поперечных осей молекул и в расположении их центров тяжести отсутствует. Это обеспечивает свободу поступательных перемещений молекул.

Эффект резкого увеличения времени истечения топлива после УЗО можно так же объяснить используя основные положения межмолекулярного взаимодействия в жидкокристаллических средах. Вследствие влияния УЗО на топлива понижается степень упорядоченности жидкокристаллической среды, происходят процесс образования чередующихся волн высокого и низкого давления. Жидкость сжимается во время фазы высокого давления волнового цикла, и «растягивается» во время фазы низкого давления. По причине протекания процесса схлопывания кавитационных пузырей, образующихся при комбинации в топливе разрозненных дисклинаций, происходит множество микровзрывов, переходов молекул углеводородов из одного энергетического уровня на другой, разрыв связей С–С или С–Н с образованием свободных радикалов.

Кавитация, как способ концентрации энергии в звуковом поле, обеспечивает ей особо высокую плотность внутри и вблизи схлопывающейся кавитационной полости (температура при коллапсе кавитационной полости достигает нескольких тысяч градусов, а давление 15 - 20 МПа). Можно предположить, что в микроразрывах, вблизи схлопывающихся кавитационных полостей, осуществляется процесс термического разложения молекулярных структур топлива (микротрекинг), так как давление и температура здесь значительно превосходят величины аналогичных параметров процесса крекинга при нефтепереработке. Так же существует вероятность возникновения временного разрыва Ван-дер-ваальсовых связей, тем самым разрушаются связи между отдельными частями молекул, которые в свою очередь через определённый промежуток времени способны на рекомбинацию с другими углеводородными цепочками в составе топлива.

Таким образом, зоны обработки насыщаются дополнительным количеством дефектов структуры. Большое количество молекул становится не однородными по направлению своего директора и степень упорядоченности резко уменьшается. Вследствие чего в разных зонах обработанного топлива резко меняются физико-химические характеристики. Говорить об однородности показателя вязкости среды в объеме обработанного топлива не приходится, все определяет ориентация молекул в данный момент времени в определенной области. Логично предположить, что вследствие большой разнонаправленности ориентации молекул, в начале УЗО, наблюдается резкое повышение времени истечения топлива. Как видно из рис.2 б после часовой обработки ультразвуком наблюдается явное повышение количества дисклинаций в опытном образце топлива. Через определенный промежуток времени происходят процессы рекомбинации некоторых разорванных ранее частей молекул топлива. Так же со временем по теории Майера-Заупе, вследствие действия дисперсионных сил в межмолекулярном взаимодействии и сил отталкивания и приближения постоянных диполей, общий директор для ориентации большинства молекул восстанавливается. Это суждение нашло подтверждения в проведенном эксперименте, когда через определенный промежуток времени истечения для образца обработанного топлива уменьшалось. При рассмотрении образца обработанного в течении двух часов, очевидно различимо увеличение размеров и количества дисклинаций.

Необходимость поиска дополнительного способа насыщения структуры топлива дефектами, также подтверждает гипотеза, что именно наличия большого количества дисклинаций выступает основным фактором, влияющим на формирование мелкодисперсной капли в процессах смесеобразования внутри камеры сгорания современных дизелей. Именно эти дефекты и есть будущими зародышами капли топлива с размерными характеристиками в пределах 25-34 мкм, что обеспечивает практически наиболее благоприятные условия детонационного окисления топлива [5].

Таким образом, можно сделать вывод о принципиальной взаимосвязи времени истечения топлива через отверстия распылителя и такими характеристиками жидкокристаллической структуры как степень разрушенности (количество и величина дефектов) и директор ориентирования молекул в пространстве. Причём, УЗО позволяет в необходимой степени нарушать кристаллическую решётку, чтобы обеспечить изменение физических свойств среды, позволяющее сократить время истечения в 1,34 раза.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Добровольский В.В. Реологические характеристики судовых тяжелых топлив / В.В. Добровольский, С.А. Ханмамедов, // Респ. наук.-техн. конф. "Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування". – Херсон: ХДМІ. – 2010. – С. 49 – 50.
2. Радченко О.П., Масленников А.А. Исследование реологии судового топлива // Судовые энергетические установки: научн. – техн. сб. – 2008. – Вып. 21. – Одесса: ОНМА. – С. 4 – 9.

3. Ханммедов С.А., Радченко О.П. Микроскопическое исследование судового легкого топлива // Мат-лы конференции «Эффективность, надежность и безопасность энергоустановок» – 2010.– Севастополь: СевНТУ.
4. Курик М.В., Лаврентович О.Д. Дефекты в жидких кристаллах: гомотопическая теория и экспериментальные исследования / М. В. Курик, О. Д. Лаврентович // Успехи физических наук. Том 154: сб. науч. тр. – М, 1988. – Вып. 3. – С.381 – 431.
5. Астахов И.В., Трусов В.И., Хачиян А.С. и др. Подача и распыливание топлива в дизелях.. М., Машиностроение, 1971г. – 359 с.

*Influence of ultrasonic treatment of ship fuel is in-process considered on expiration of him from the nozzles of nebulizer. Also посредством of microscopic analysis is set intercommunication between time of expiration and such features of liquid-crystal structure of environment as defects and director of orientation of molecules.*

**Keywords:** *the Ship fuel, liquid-crystal structures, defects of structure, expiration of fuel.*

*У роботі розглянутий вплив ультразвукової обробки судового палива на витікання його з сопел розпилювача. Також посредством мікроскопічного аналізу встановлена взаємозв'язок між часом витікання і такими особливостями рідкокристалічної структури середовища як дефекти і директор орієнтації молекул.*

**Ключові слова:** *Суднове паливо, рідкокристалічні структури, дефекти структури, витікання палива.*

УДК 621.822.5

*Сапига В.В.*

### **ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУР ОБВОДНЕННОГО СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА В КЛИНОВИДНОМ ЗАЗОРЕ РАДИАЛЬНОГО ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ С ИНДИВИДУАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ СМАЗКИ**

*Предложено физическое обоснование структурной самоорганизации обводненного смазочного материала в клиновидном зазоре радиального подшипника скольжения с индивидуальной системой смазки. Усовершенствована математическая модель эволюции структур обводненного смазочного материала.*

**Ключевые слова:** *радиальный подшипник скольжения, обводненный смазочный материал, моделирование.*

Опыт эксплуатации кораблей показывает, что выполнение возложенных на них задач в решающей степени зависит от работоспособности энергетической установки, которая должна обеспечивать выполнение своих функций как в условиях боевой, так и повседневной эксплуатации. Если в боевой обстановке выполнение главной задачи кораблем связано с нанесением максимально возможного урона противнику при минимальных потерях личного состава и повреждениях технических средств, то в условиях повседневной эксплуатации личный состав может столкнуться с работой установленного на корабле оборудования в экстремальных условиях.

Статистика аварийности корабельных технических средств с опорными узлами традиционного исполнения – радиальными гидродинамическими подшипниками на циркуляцион-