

УДК 53.084.823

## ЛАЗЕРНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СВОЙСТВ ЖИДКИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Куликов Иван Валерьевич <sup>(1)</sup>

*Студент 4 курса <sup>(1)</sup>,*

*кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»*

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*Научные руководители: Мельников Д.М., инженер каф. МТ12 МГТУ им. Н.Э. Баумана, аспирант <sup>(1)</sup>, М.А. Коротаева, инженер каф. МТ12 МГТУ им. Н.Э. Баумана <sup>(2)</sup>*

Совершенствование существующих процессов нефтепереработки и нефтехимии прежде всего ставит себе целью существенное повышение качества выпускаемых промышленностью моторных топлив и смазочных материалов. Как этап реализации такой тенденции, крайне важное значение имеет контроль параметров нефтепродуктов в состоянии окончательной поставки. Причём такой контроль необходимо осуществлять исключительно методами, доступными для экспресс использования «на месте». Это объясняется многостадийностью доставки продукта конечному потребителю приводящей к неэффективности поверки на этапе выпуска. Однако специфика современной топливной промышленности, выражающаяся в разнообразии способов достижения ключевых параметров, например нужного октанового числа, вынуждает идти по пути углубления аналитических сведений и способов их сбора, без чего становится затруднительным говорить о практической ценности экспресс-анализа. Эти проблемы должны быть решены за счёт расширения методических приёмов доступной на сегодняшний день оптической спектроскопии в рассматриваемой области. Конкуренция же методов проходит в условиях повышения точности и повторяемости результатов.

Только при существенном внедрении экспресс-анализа нефтепродуктов становится эффективным экономический процесс регулирования выпускаемой продукции, позволяющий оздоровить отрасль в целом.

Применяемые в настоящее время методы экспресс-контроля качества нефтепродуктов вследствие крайней сложности их состава имеют весьма существенные ограничения. Трудности установления прямой корреляции свойств нефтепродуктов с их составом и строением делают аналитический контроль трудоемким, недостаточно быстрым, малоэффективным и сравнительно иммобильным для оперативного управления экономическими и технологическими процессами.

Из изложенного следует настоятельная необходимость создания новых и совершенствования старых методов экспресс-оценки качества нефтепродуктов, основанных на корреляции их физико-химических и эксплуатационных свойств с составом и химической структурой. Такая информация о топливах и смазочных материалах может быть получена с помощью современных аналитических методов, в первую очередь, с помощью спектроскопии.

Целью моей работы является исследование физико-химических процессов при экспресс определении температуры помутнения и замерзания дизельного топлива.

Измерения проводились на приборе «Фазафот», разработанным в МГТУ им. Н.Э. Баумана на кафедре Лазерные технологии в машиностроении (МТ-12). Он позволяет проводить экспресс анализ нефтепродуктов, снабжен устройством нагрева/охлаждения на базе элементов Пельтье (термоэлектрических модулей), позволяющий проводить измерения в диапазоне -40 – (+120)°С без применения хладагентов. Объем образца составляет 0,5 мл, скорость сканирования по температуре

выбрана равной  $10^{\circ}\text{C}/\text{мин}$  (может варьировать в пределах  $0,1 - 20^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ ). Одно определение занимает в среднем  $10 - 15$  минут.

Температуры помутнения и застывания являются важными технологическими и эксплуатационными параметрами дизельных топлив различных марок и назначения. Этими показателями определяются условия подачи топлива к цилиндрам двигателя, а вязкость, прямо коррелирующая с температурой застывания, и условия распыливания. Маловязкое низкозастывающее топливо обладает хорошей текучестью в трубопроводах, фильтрах, насосах, хотя при его использовании и возникает опасность быстрого износа двигателя.

Температура застывания характеризует полную потерю подвижности топлива. Последняя может быть обусловлена двумя причинами – повышением вязкости при низких температурах и (или) выпадением кристаллов парафинов, структурирующих жидкость.

Температура помутнения характеризует появление первых кристаллов парафинов в топливе. Топлива с высокой температурой помутнения содержат значительные количества длинноцепочечных твердых парафинов, главным образом нормального строения. Использование таких топлив может вызвать забивание кристаллами парафинов фильтров очистки топлива от механических примесей.

Принцип работы устройства заключается в регистрации интенсивности света, зеркально отраженного от дна кюветы (режим пропускания) или от поверхности образца (режим отражения). Первый случай реализуется при работе с прозрачными или полупрозрачными образцами (топлива, масла), второй – при работе с непрозрачными (нефть, мазут). В режиме пропускания луч света проходит через слой образца, отражается от дна кюветы, снова проходит через образец и падает на фотоприемник. Во втором режиме луч света в основном поглощается образцом и частично отражается от его поверхности. Отраженный свет (3-5% от падающего) улавливается фотоприемником. Реализация данного принципа отличается компактностью и сравнительной простотой аппаратного исполнения. Визуальное отображение принципа показано на рис. 1.

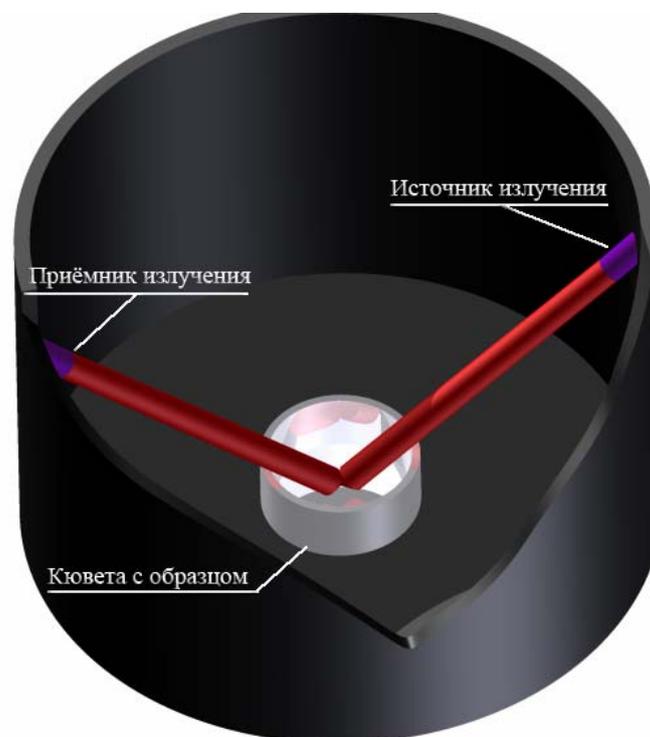


Рис. 1. Визуальное отображение принципа сканирующей зеркальной фотокориметрии.

На рисунке 2 представлены фотографии внешнего вида комплекса в нескольких ракурсах. Условно разделённый на две части по двум входящим в него приборам, он работает с применением в своём составе компьютера класса «нетбук» осуществляющего управление данными посредством передачи данных через USB-интерфейс. Такой подход даёт существенные преимущества в удобстве и возможностях работы с комплексом. При этом нельзя говорить об усложнении конструкции, так как подобные компьютеры давно вошли в обиход, и нет необходимости включать в состав прибора специальный нетбук, а лишь держать при нём USB-накопитель с предустановленной на нём программой, совместимой с операционными системами «Windows XP» и выше. Такой накопитель можно присоединять к любому компьютеру с подходящими системными требованиями и начинать работу.



Рис. 2 – Внешний вид комплекса

Работа с узлом «Рефлектометр» начинается с задания параметров проведения опыта: задания скорости изменения температуры ( $\upsilon T$ ), начального и конечного значений диапазона температур в котором будет проходить считывание интенсивности зеркального (ИЗО) и рассеянного (ИРО) отражения.  $\upsilon T$  варьируется в области от 2 до 30 °С/мин. На экран программы обработки данных для оператора выводятся одновременно кривые ИЗО и ИРО.

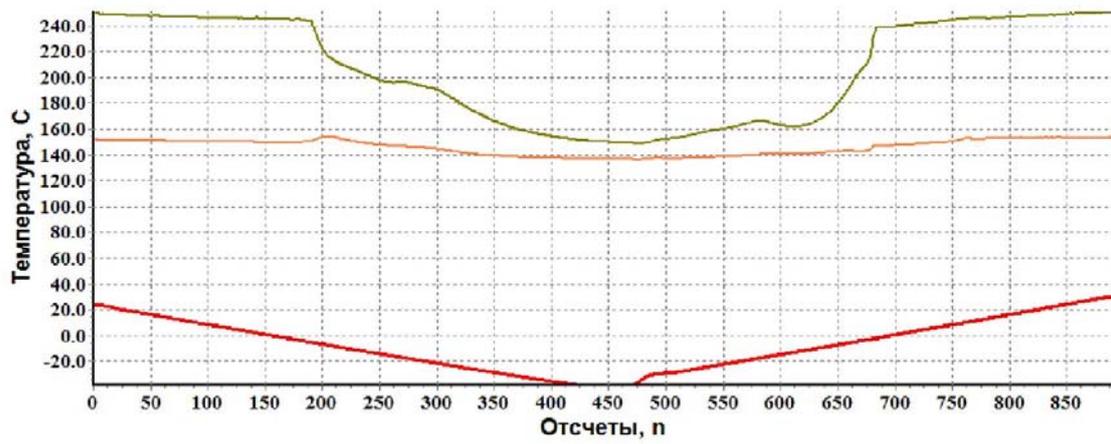
В кювету помещают небольшое (около 1 мл) количество испытуемого образца так, чтобы им было полностью покрыто дно. Затем необходимо провести предварительный подогрев до 60 °С для нивелирования термической истории образца. Первый цикл работы с прибором заключается в равномерном охлаждении пробы до заданной температуры. В процессе замерзания образца парафиновые фракции начинают кристаллизоваться на поверхности, резко повышая его мутность. При этом происходит падение ИЗО. По этому признаку оператор может судить о температуре помутнения образца. На этом же этапе наблюдается пик ИРО, чьё падение завершается по достижении окончательной кристаллизации, что уточняет температуру замерзания. О температуре потери текучести можно судить покачиванием прибора, при этом на экране будут появляться характерные провалы ИЗО по причине отклонения поверхности жидкого образца. Снижение таких провалов красноречиво говорит об обозначенном параметре. Второй цикл начинается после некоторой выдержки пробы при достигнутой низкой температуре и заключается в нагревании образца до первоначального уровня. Во время этого цикла можно осуществить наклон прибора, тогда в определённый момент образец начнёт растекаться по дну кюветы, что будет соответствовать температуре текучести.

Кристаллизация (выпадение) парафинов в прозрачных топливах делает их мутными, что ослабляет интенсивность света, отраженного от дна кюветы. Тот же процесс в непрозрачных нефтях и мазутах делает мутной поверхность образца, что также ослабляет интенсивность зеркальной составляющей отраженного света. Количественной мерой ослабления интенсивности света служит оптическая плотность образца, рассчитываемая по формуле

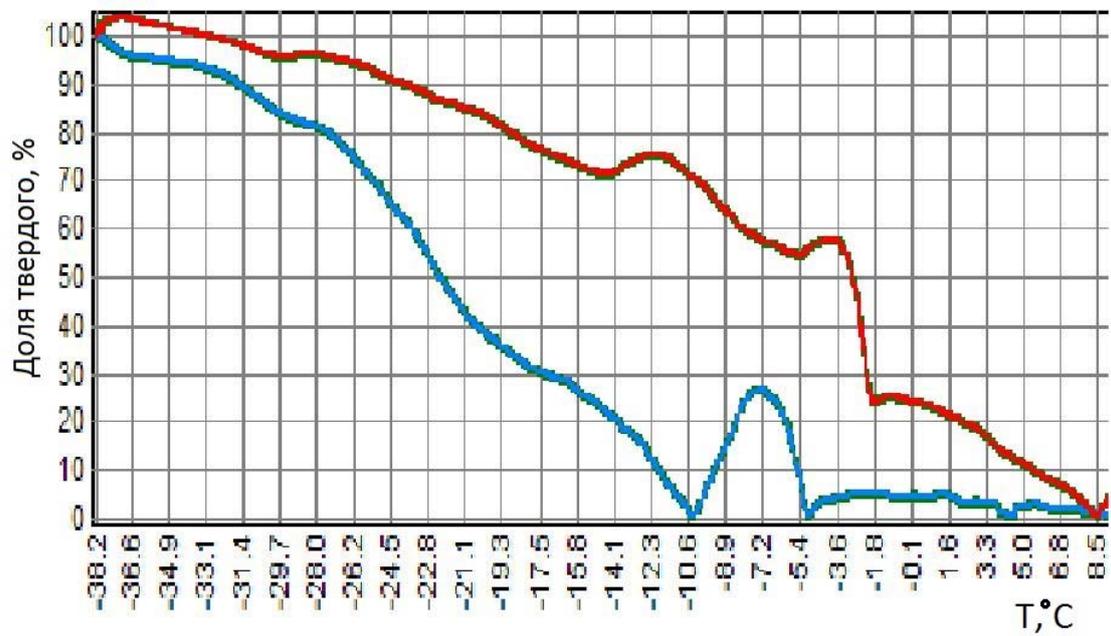
$A = \log(I_0/I)$ , где  $I_0$  – интенсивность света (сигнал фотометра) до помутнения раствора (поверхности),  $I$  – то же после помутнения. Согласно закону Бугера – Ламберта – Бэра между  $A$  и концентрацией  $C$  рассеивающих (поглощающих) свет частиц в растворе существует зависимость

$A = \alpha C$ , где  $\alpha$  – константа (коэффициент поглощения, характерный для данного вещества).

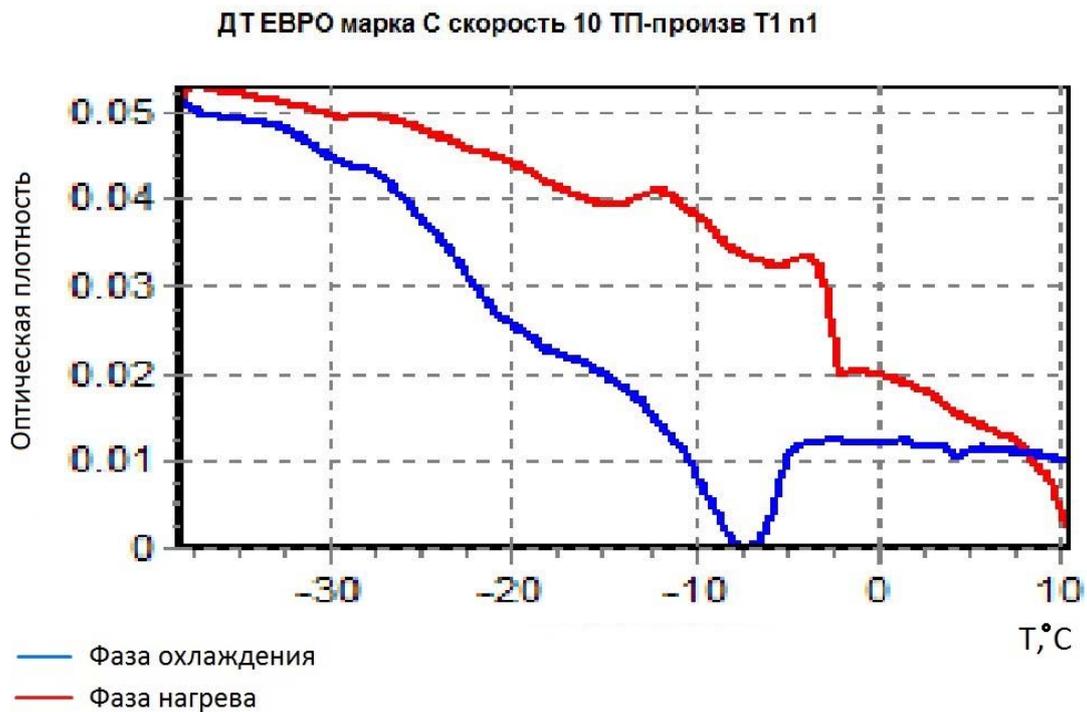
Далее представлена одна из экспериментально полученных зависимостей для дизельного топлива. Из следующих графиков мы можем определить температуру начала помутнения и температуру замерзания топлива. Температура начала помутнения видна по резкому изменению свойств топлива на этапе охлаждения, составляющая -5 °С (что соответствует требованиям ГОСТа 305-82 для умеренной климатической зоны). Начало замерзания приходится на -10,4 °С (конец скачка на этапе охлаждения), что также соответствует требованиям ГОСТа 305-82.



ДТ ЕВРО марка С скорость 10 ТП-произв Т1 п1



- Фаза охлаждения
- Фаза нагрева



#### Литература

1. Ю.Л.Шишкин, Прибор «Фазафот» для определения низкотемпературных свойств нефтепродуктов, ХТТМ, 1 (2006) 48.
2. Богданов Н.Ф., Переверзев А.Н. Депарафинизация нефтяных продуктов, Гостоптехиздат, 1961 г.