

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ И МЕТИЛОВЫХ ЭФИРОВ В ДИЗТОПЛИВЕ ФОТОКОЛОРИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Д.О. Мохов, В.И. Ляшков

*Кафедра «Гидравлика и теплотехника», ГОУ ВПО «ТГТУ»;  
hellstar68@mail.ru*

*Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым*

**Ключевые слова и фразы:** объемная концентрация; топливные смеси; фотоколориметрический метод.

**Аннотация:** Фотоколориметрическим методом изучены топливные смеси на основе дизтоплива. Доказана эффективность данного метода для анализа качества топливных смесей, а также получены калибровочные кривые для определения процентного содержания добавок в смеси по ее оптической плотности.

---

Метилловые эфиры, получаемые из растительных масел, все шире используются в качестве возобновляемого источника энергии. Эффективно сжигать и использовать его в качестве альтернативного топлива без существенной переделки удастся в поршневых дизельных двигателях в виде смеси эфира растительных масел с обычным дизельным топливом. Оптимальный процентный состав такой смеси зависит от многих особенностей конкретного двигателя внутреннего сгорания (ДВС), в частности степени сжатия, наличия или отсутствия наддува, особенностей камеры сгорания и др. [1, 2]. Поэтому при эксплуатации автомобильных или тракторных дизелей в каждом случае следует контролировать состав смеси.

Для оперативного измерения объемного состава смеси хорошо подходит фотоколориметрический метод, поскольку обе компоненты смеси являются достаточно прозрачными жидкостями, как собственно и их смеси. Для практического применения наиболее удобным и точным является метод калибровочного графика [3]. При этом сначала в лабораторных условиях готовится набор смесей с заданной концентрацией (не менее трех параллельных растворов для каждой точки) и проводятся измерения оптической плотности  $\varepsilon$ . Затем по полученным опытными данными строится калибровочный график  $C = f(\varepsilon)$ . Обычно результаты измерений аппроксимируют некой калибровочной функцией в аналитической форме. После этого проводят измерение  $\varepsilon$  для анализируемого раствора, и по графику или соответствующей формуле определяют его концентрацию  $C$ .

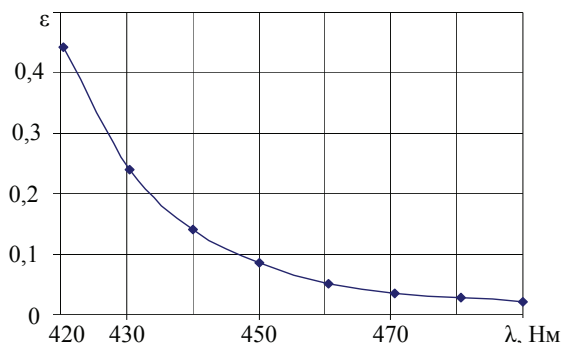
Таким же способом с помощью фотоколориметрического метода можно контролировать промежуточные продукты, полученные после отдельных технологических этапов производства метиловых эфиров, на предмет наличия остатков метилового спирта, глицерина и других компонентов.

Для лабораторных исследований используется фотометр КФК-3 промышленного изготовления, который представляет собой типичный по возможностям однолучевой спектрофотометр [4]. С помощью этого прибора можно измерять оптическую плотность  $\epsilon$ , коэффициент светопропускания  $\beta$ , а также рассматривать изменение оптической плотности образцов за определенный промежуток времени. Длина световой волны регулируется дифракционной решеткой, погрешность установки длины волны составляет 3 нм. С помощью дифракционной решетки можно производить регулировку длины волны в пределах от 315 до 990 нм. В зависимости от свойств исследуемого раствора (в основном – цвета компонентов) чувствительность и устойчивость показаний прибора могут существенно изменяться, особенно, когда световой поток, направляемый в исследуемую жидкость, по своему цвету приближается к цвету раствора. Тогда показания прибора становятся неустойчивыми, и измерения делаются невозможными. Поэтому в техническом описании и инструкции по эксплуатации фотоколориметра КФК-3 приводятся рекомендации для каждого из исследуемых растворов. Необходимо сначала путем сканирования по длине волны  $\lambda$  выявить такой участок, где показания прибора по возможности наибольшие, отличаются высокой стабильностью при параллельных опытах, и величина  $\epsilon$  изменяется незначительно. Далее снимать показания в пределах этого участка.

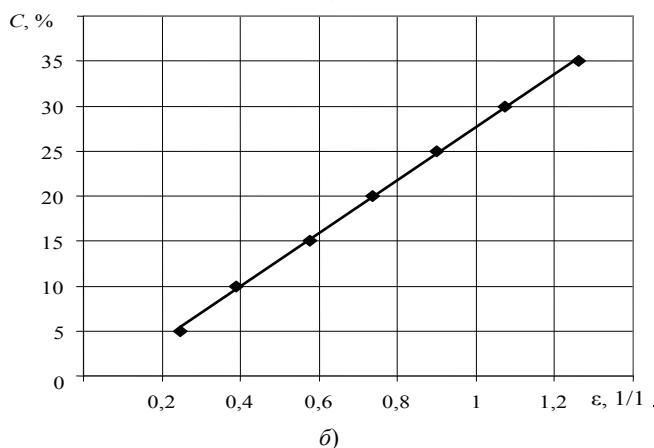
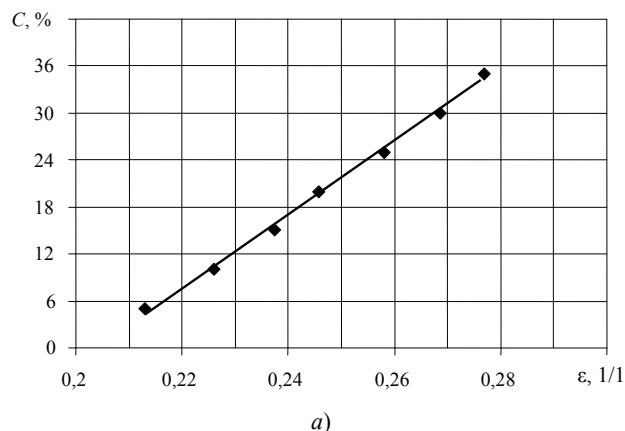
С этой целью нами было проведено специальное исследование, результаты которого приведены на рис. 1. При этом в качестве эталонной жидкости нами использовалось дизельное топливо, измерения проводились в прилагаемых к фотометру кюветах с рабочей длиной  $l = 10$  мм из набора № 1.

Из рис. 1 видно, что для смеси дизтоплива с метиловым эфиром, получаемым из рапсового масла (МЭРМ) наибольшая чувствительность прибора получается при длине волны  $\lambda = (420 \pm 5)$  нм. При  $\lambda < 410$  нм работа прибора становится неустойчивой, а при  $\lambda > 470$  нм чувствительность прибора настолько уменьшается, что такие длины волн становятся неприемлемыми.

На практике объемная концентрация  $C$  МЭРМ в растворах с дизтопливом может изменяться в пределах от 10 до 30 %. Несколько расширяя этот интервал, калибровку фотометра мы проводили, приготавливая растворы с концентрациями от 5 до 35 %. Методика измерений полностью соответствовала изложенной в упомянутой выше инструкции. Для набора статистики и статистического анализа результатов измерения оптической плотности образцов проводились в двух разных кюветах из набора № 1, и каждое измерение неоднократно (7–10 раз) дублировалось. Осредненные результаты калибровочных опытов с учетом коэффициентов парной корреляции  $R$ , приведены на рис. 2.



**Рис. 1. Зависимость оптической плотности от длины световой волны для 15 %-го раствора МЭРМ в дизтопливе**



**Рис. 2. Калибровочная зависимость для определения концентрации МЭРМ (а) и МЭМСР (б) в растворах с дизтопливом:**  
 ◆ –  $C, \%$ ; — — линия тренда;  $a - C = 468,39\epsilon - 95,47; R^2 = 0,997$ ;  
 $b - C = 29,451\epsilon - 1,8123; R^2 = 0,9991$

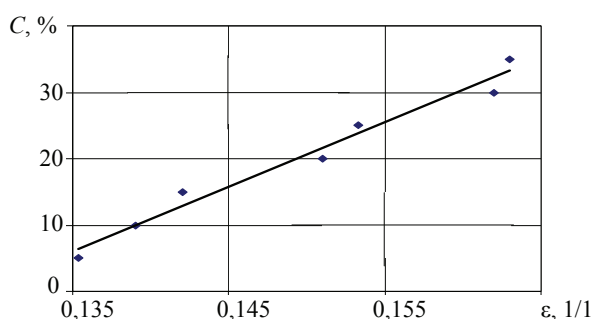
Аналогичные исследования были проведены нами и для смеси с дизтопливом метилового эфира из масла семян редьки (МЭМСР). По результатам калибровочных опытов была определена оптимальная длина волны, равная:  $\lambda = (430 \pm 5)$  нм. На рис. 2, б представлена соответствующая калибровочная зависимость.

Также ставилась задача получить калибровочную зависимость для смеси рапсового масла и дизтоплива. Данная смесь относится к так называемым биодизелям первого поколения. По результатам сканирования по длине волны  $\lambda$ , наибольшая чувствительность прибора, для смеси рапсового масла и дизтоплива, получается при  $\lambda = (450 \pm 5)$  нм.

Осредненные результаты калибровочных опытов приведены на рис. 3.

Чтобы убедиться в правильности выбранного подхода и достоверности получаемых результатов, нами была приготовлена смесь из двух исследованных ранее смесей МЭРМ с дизтопливом. Эта смесь получена смешиванием двух одинаковых объемов  $V_1 = V_2 = 4$  мл смесей с концентрациями  $C_1 = 10 \%$  и  $C_2 = 25 \%$ . По правилу адитивности расчетная концентрация такой смеси будет

$$C_{\text{см. расч.}} = \frac{C_1 V_1 + C_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{10 \cdot 4 + 25 \cdot 4}{4 + 4} = 17,5 \%$$



**Рис. 3. Калибровочная зависимость для определения концентрации рапсового масла в смесях с дизтопливом по величине оптической плотности смеси:**

◆ –  $C$ , %; — — линия тренда;  $C = 971,11\epsilon - 125,07$ ;  $R^2 = 0,9734$

На приборе КФК-3 была измерена оптическая плотность этой смеси (5 параллельных опытов) и получено ее среднее значение  $\epsilon = 0,2408$  при среднеквадратической погрешности  $\sigma = 0,0021$ . Тогда по калибровочной зависимости (см. рис. 2, а) получаем

$$C_{\text{см.изм}} = 468,39\epsilon - 95,47 = 468,39 \cdot 0,2408 - 95,47 = 17,34 \%,$$

что практически совпадает с расчетным результатом.

Анализ представленных данных показывает, что с высокой степенью точности все приведенные калибровочные зависимости удовлетворяют линейной аппроксимации, и исследованные смеси подчиняются закону Бэра, поскольку величины коэффициентов парной корреляции  $R$  весьма близки к единице.

В результате проведенных исследований подтверждается высокая эффективность применения метода фотоколориметрии для определения объемной концентрации растворов, что позволяет рекомендовать его для практического применения.

#### *Список литературы*

1. Работа дизелей на нетрадиционных топливах / В.А. Макаров [и др.]. – М. : Изд-во «Легион–Автодата», 2008. – 464 с.
2. Марков, В.А. Рапсовое масло как альтернативное топливо для дизеля / В.А. Марков // Автомобильная промышленность. – 2006. – № 2. – С. 23 – 26.
3. Химический анализ в энергетике. Фотометрия / Ю.А. Морыганова и [др.]. – М. : Изд. дом МЭИ, 2008. – 407 с.
4. Фотометр фотоэлектрический КФК-3 : техн. описание и инструкция по эксплуатации. – Загорск : Загорск. оптико-механ. завод, 2001. – 29 с.

---

## **Determination of Amount Concentration of Oil Solutions and Methyl Ethers in Diesel Fuel by Photocolormetric Method**

**D.O. Mokhov, V.I. Lyashkov**

*Department "Hydraulics and Heat Engineering", TSTU; hellstar68@mail.ru*

**Key words and phrases:** amount concentration; photocolormetric method; fuel mixtures.

**Abstract:** The paper presents the results of study into fuel mixtures on the basis of photocolormetric method. The efficiency of the given technique for the analysis of the quality of fuel mixtures has been proved; the caliber curves for determination of percentage content of additives in the mixture by its optical density have been produced.

---

### **Bestimmung der Volumkonzentration der Lösungen der Pflanzenöle und der Methylläther im Dieselmotorkraftstoff durch die photokolometrischen Methode**

**Zusammenfassung:** Durch die photokolometrischen Methode wurden die Kraftstoffgemische auf Grund des Dieselmotorkraftstoffes erlernt. Es wurde die Effektivität der gegebenen Methode für die Analyse der Qualität der Kraftstoffgemische bewiesen. Es wurden die Kalibrationskurven für die Bestimmung des Prozentgehaltes der Zusatzstoffe im Gemisch nach seiner optischen Dichte erhalten.

---

### **Définition de la concentration volumineuse des huiles végétales et des éthers méthylique dans l'huile-moteur par la méthode photocolorométrique**

**Résumé:** Par la méthode photocolorométrique ont été étudiés les mélanges du combustible à la base de l'huile-moteur. A été prouvée l'efficacité de cette méthode pour l'analyse de la qualité des mélanges du combustible ainsi qu'ont été obtenues les courbes de calibrage pour la définition du contenu en pourcents des additions dans le mélange d'après sa densité optique.

---

**Авторы:** *Мохов Дмитрий Олегович* – аспирант кафедры «Гидравлика и теплотехника»; *Ляшков Василий Игнатьевич* – кандидат технических наук, профессор кафедры «Гидравлика и теплотехника», ГОУ ВПО «ТГТУ».

**Рецензент:** *Нагорнов Станислав Александрович* – доктор технических наук, профессор, заместитель директора по науке ГНУ ВНИИТиН, г. Тамбов.

---