

## ИССЛЕДОВАНИЕ БЕНЗОЛЬНОЙ ЧАСТИ СПЕКТРА ПОГЛОЩЕНИЯ БЕНЗИНОВ В ОБЛАСТИ ПЕРВОГО ОБЕРТОНА МЕТОДОМ ДОБАВОК

© 2010 В.Л. Веснин, В.Г. Мурадов

Ульяновский филиал института радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН

Поступила в редакцию 22.03.2010

Экспериментально методом добавок исследованы спектры поглощения первого обертона ароматической углеводородной группы автомобильных бензинов. Показана возможность оценки содержания бензола в бензине по  $\lambda = 1671.5$  нм без учета содержания в нем толуола.

Ключевые слова: спектр поглощения, первый обертон, бензины, бензол.

### ВВЕДЕНИЕ

В автомобильных бензинах содержание бензола не должно превышать по объему 5%. Согласно [1], для определения его содержания рекомендуется использовать метод инфракрасной спектроскопии в области основных частот, где расположены полосы поглощения бензола ( $\lambda = 14.86$  мкм), а также базовая линия с  $\lambda = 20.00$  мкм и полоса поглощения толуола ( $\lambda = 21.74$  мкм), используемая для учета небензольных составляющих углеводородной группы СН.

Метод [1] требует применения достаточно сложной и дорогой аппаратуры, чего можно избежать, перейдя на обертоновые спектры поглощения бензинов. Согласно [2], спектр поглощения чистого бензола в области первого обертона СН, точнее максимум полосы поглощения, расположен вблизи  $\lambda = 1671.5$  нм. В спектрах поглощения бензинов на эту область накладываются полосы других ароматических соединений, в основном, толуола [3]. Полосы поглощения углеводородных групп СН<sub>3</sub> и СН<sub>2</sub>, расположенные соответственно вблизи  $\lambda = 1695$  нм и 1705 нм,  $\lambda = 1725$  нм и 1765 нм [4], позволяют проследить за изменением концентрации в бензинах изооктана и гептана соответственно.

В данной работе исследованы спектры поглощения бензинов в области первых обертонов, где основная полоса поглощения бензола расположена при  $\lambda = 1671.5$  нм. Главной задачей являлось исследование влияния на нее спектров других ароматических соединений, к которым в первую очередь относится толуол, искажающих спектр поглощения бензола.

### ЭКСПЕРИМЕНТ

Спектры поглощения регистрировались на спектрофотометрической установке [5] с решеткой 750 штр/мм при скорости сканирования 1.2234 нм/с в области  $\lambda = 1620-1800$  нм, где расположены все первообертоновые полосы углеводородных групп СН, СН<sub>2</sub>, СН<sub>3</sub>. Каждый спектр регистрировался в 350 точках и нормировался на длине волны  $\lambda = 1620$  нм, для которой поглощение компонентов бензинов практически равно нулю. Ширина входной и выходной щелей монохроматора составляла 0,3 мм. Для измерений использовалась оптическая плоскопараллельная кварцевая кювета толщиной 1,07 мм, которая наполнялась исследуемым бензином или содержала воздух. Для создания калибровочных смесей применялись свежие образцы бензинов, в которые вводилось определенное количество бензола марки "х.ч.". Расчет коэффициента поглощения  $k$  выполнялся на основе закона Бугера по отношению к кювете, заполненной воздухом.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

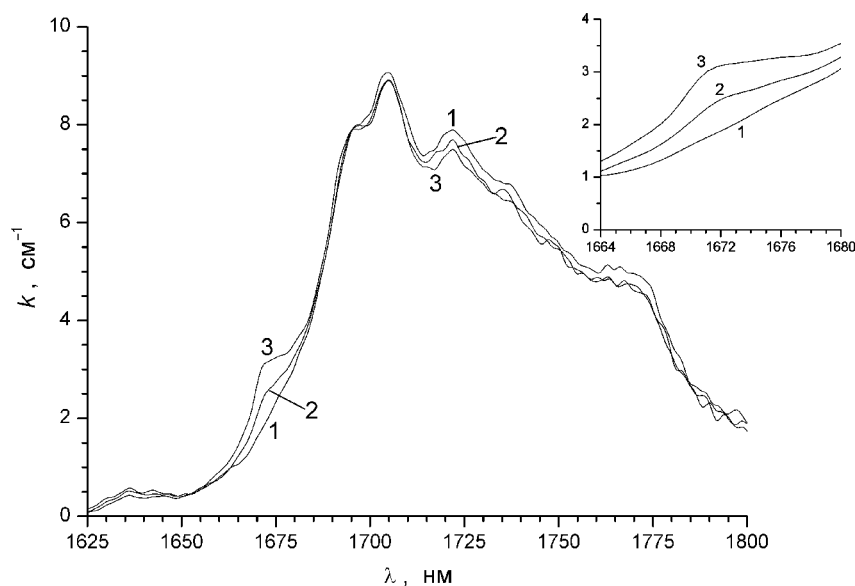
За основу исследований выбраны автомобильные бензины с малым содержанием бензола (0.4% по объему). На их основе были приготовлены калибровочные смеси с содержанием бензола 0.9, 2.4 и 4.4 %, что позволило проследить за изменением формы спектра в исследуемой области длин волн. На рис. 1 в качестве примера приведены полученные спектры поглощения одного из четырех изученных бензинов с разным количеством добавленного бензола. Прежде всего отметим, что влияние концентрации бензола  $C_B$  в бензине заметно сказывается на интенсивности полосы поглощения при  $\lambda = 1671.5$  нм только при величинах  $C_B$  больше 1%. По этой причине на рис. 1 спектр поглоще-

Веснин Владимир Леонидович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник.

E-mail: ufire@mg.ru

Мурадов Виталий Григорьевич, кандидат технических наук, профессор, старший научный сотрудник.

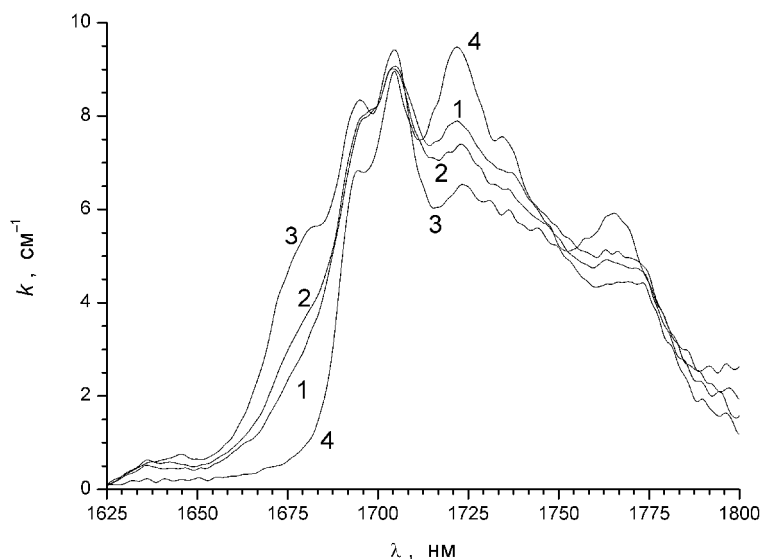
E-mail: ufire@mg.ru



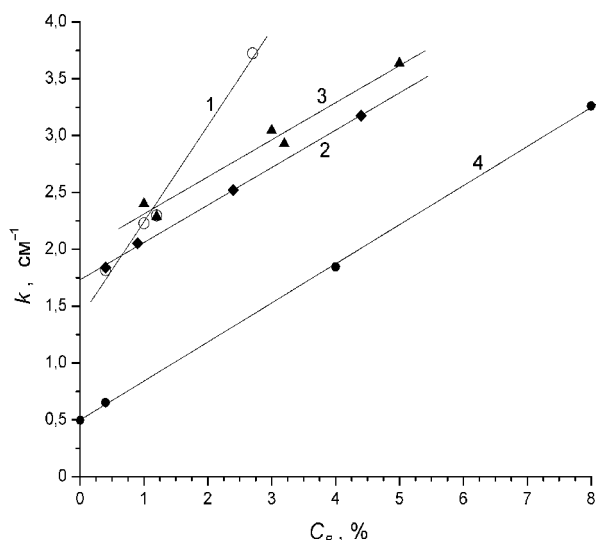
**Рис.1.** Спектр поглощения бензина с содержанием бензола 0.4% (спектр 1) и спектры поглощения того же бензина после добавления бензола до 2.4% и 4.4% (спектры 2 и 3 соответственно). На дополнительном графике показаны спектры в области полосы поглощения бензола вблизи  $\lambda = 1671.5$  нм

ния бензина с добавкой бензола при  $C_B = 0.9\%$  не показан, так как он очень близок к спектру 1. В то же время бензины с добавками  $C_B = 2.4\%$  (спектр 2) и  $4.4\%$  (спектр 3) четко отличаются друг от друга и от спектра бензина с величиной  $C_B = 0.4\%$  (спектр 1). Особенно хорошо эта картина просматривается при укрупнении масштаба (дополнительный график на рис.1). Естественно, увеличение концентрации бензола в бензине приводит к уменьшению концентрации в нем как н-гептана, что четко прослеживается в понижении интенсивности полосы поглощения при  $\lambda = 1725$  нм, так и в меньшей степени изооктана ( $\lambda = 1705$  нм).

Исследованы спектры поглощения автомобильных бензинов марки “Регуляр-92” с различной концентрацией бензола по паспортным данным, часть из которых представлены на рис. 2. Здесь показаны спектры поглощения бензинов с концентрацией бензола  $C_B = 0.4\%$  (спектр 1),  $1\%$  (спектр 2),  $2.7\%$  (спектр 3), а также приведен для сравнения спектр поглощения бензина типа “калоша” (спектр 4), который не содержит ароматических составляющих, в частности, бензола. Из рис.2 следует, что все спектры четко различаются в области  $\lambda = 1671.5$  нм и  $\lambda = 1725$  нм и в меньшей степени для других длин волн (1695, 1705 и 1765 нм).



**Рис. 2.** Спектры поглощения бензинов с различной концентрацией бензола: 0.4% (спектр 1); 1% (спектр 2); 2.7% (спектр 3); бензин “калоша”, 0% бензола (спектр 4)



**Рис. 3.** Зависимости коэффициента поглощения бензинов при  $\lambda = 1671.5$  нм от концентрации бензола в бензине:

автомобильные бензины без дополнительной добавки бензола (светлые круги и прямая 1) и с добавками бензола (различные образцы: ромбы и прямая 2, треугольники и прямая 3), бензин “Калоша” с добавками бензола (темные круги и прямая 4)

Методом добавок исследованы спектры поглощения бензинов с различными паспортными данными по бензолу, что позволило изучить зависимости коэффициента поглощения бензола  $k$  от его концентрации  $C_B$  при  $\lambda = 1671.5$  нм без учета фона других ароматических компонентов (в частности, толуола). Полученные данные представлены на рис.3. Из них следует, что наибольшей чувствительностью ( $0.85 \pm 0.06 \text{ см}^{-1}/\%$ ) обладает зависимость поглощения при  $\lambda = 1671.5$  нм от паспортного содержания бензола в автомобильных бензинах (прямая 1). Линейные зависимости 2 и 3, полученные методом добавок бензо-

ла в исследуемые бензины, характеризуются значительно меньшей, но примерно одинаковой чувствительностью ( $0.33 \pm 0.03 \text{ см}^{-1}/\%$ ). Такой же результат найден и для бензинов типа “калоша” (прямая 4 с чувствительностью  $0.34 \text{ см}^{-1}/\%$ ).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С использованием метода добавок бензола в бензины показана возможность оценки его содержания по величине поглощения при  $\lambda = 1671.5$  нм, где расположены первые обертоновые спектры ароматической группы СН без учета других ароматических составляющих бензина, в частности толуола. В то же время существенное различие наклонов прямых для автомобильных бензинов без добавок и для бензинов с добавками бензола позволяют сделать вывод о том, что в автомобильных бензинах фон других ароматических компонентов является весьма заметным.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 51930-2002. Бензины автомобильные и авиационные. Определение бензола методом инфракрасной спектроскопии.
2. *Веснин В.Л., Мурадов В.Г.* Спектры поглощения смесей бензола и изооктана в области 1620-1820 нм // Журнал прикладной спектроскопии. 2008. Т.75, №5, С.631-634.
3. *Веснин В.Л., Мурадов В.Г.* Изобестические точки в спектрах поглощения бинарных смесей изооктана, н-гептана, толуола и бензола // Журнал прикладной спектроскопии. 2009. Т.76, №5, С.677-681.
4. *Tosi C., Pinto A.* Near-infrared spectroscopy of hydrocarbon functional groups. // Spectrochim. Acta. 1972. V.28A, P.585-597.
5. *Веснин В.Л., Мурадов В.Г.* Спектрофотометрический комплекс на основе монохроматора МДР-41 для исследования спектров поглощения в диапазоне 400-1800 нм // Известия Самарского научного центра РАН. 2008. Т.10, №3, С.719-723.

## RESEARCH OF A BENZOLE PART OF GASOLINES ABSORPTION SPECTRUM IN THE FIRST OVERTONE BAND BY A METHOD OF ADDITIVES

© 2010 V. L. Vesnin, V. G. Muradov

Ulyanovsk Branch of the Institute of Radioengineering and Electronics  
named after V.A. Kotel'nikov, Russian Academy of Sciences

The first overtone absorption spectrums of aromatic hydrocarbon group of automotive gasolines are experimentally investigated by a method of additives. The possibility of estimation of the benzole concentration in gasoline on  $\lambda = 1671.5$  nm (disregarding concentration of toluene) is shown.

Keywords: absorption spectrum, first overtone, gasoline, benzole

*Vladimir Vesnin, Candidate of Physics and Mathematics, Chief Research Fellow. E-mail: ufire@mv.ru*  
*Vitaliy Muradov, Candidate of Technics, Professor, Chief Research Fellow. E-mail: ufire@mv.ru*