
ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И МОНИТОРИНГ

УДК 681.2

М. В. Беднова, Л. А. Конопелько

АТТЕСТАЦИЯ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ ПОВЕРОЧНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОГО РЕФРАКТОМЕТРА

Рассматривается применение лазерного интерференционного рефрактометра „ЛАЗИР-2МК“ для аттестации стандартных образцов поверочных газовых смесей. Описываются принцип действия и оптическая схема рефрактометра.

Ключевые слова: лазерный интерференционный рефрактометр, стандартный образец, оптическая схема.

Количественное определение состава газовых смесей — одна из актуальных задач аналитических измерений, имеющая важное значение в различных сферах деятельности человека — начиная от промышленных производств (в частности, при поверке и градуировке промышленных газоанализаторов, выпуске поверочных газовых смесей) и заканчивая проблемами здравоохранения (при определении предельно допустимых концентраций опасных веществ в атмосфере, воздухе рабочей зоны). При этом важно, чтобы анализ производился с высокой степенью достоверности и не требовал больших временных затрат. Другое, не менее важное требование заключается в том, чтобы при косвенном определении количественного состава газовой смеси измеряемый параметр был тесно связан с концентрацией определяемого компонента.

Требования к метрологическим характеристикам государственных стандартных образцов составов газовых смесей 1-го и 2-го разряда, находящихся в баллонах под давлением, приведены в ГОСТ 8.578-2008 [1] и ТУ 6-16-2956-92 [2].

На предприятиях, осуществляющих выпуск стандартных образцов газовых смесей 1-го и 2-го разряда, основным компонентом которых являются CH_4 , C_3H_8 , H_2 , Ar , N_2 , для аттестации бинарных стандартных образцов используется автоматический лазерный интерференционный рефрактометр „ЛАЗИР-2МК“.

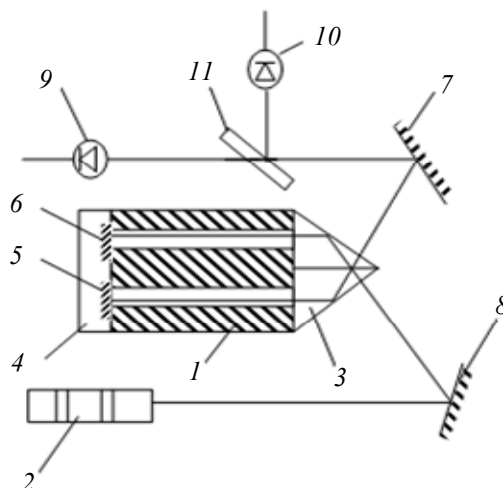
Диапазон концентраций определяемого компонента, измеряемых с помощью интерференционного рефрактометра, составляет от 0,1 до 99,9 % без перенастройки и смены фотоприемников. Объемный расход газа при однократном измерении — не более 10^{-3} м^3 , а длительность цикла не превышает 3 мин.

Принцип действия прибора основан на определении смещения интерференционной картины при изменении показателя преломления газа, заполняющего рабочую кювету.

Конструкция прибора включает в себя оптико-механический и газораспределительный блоки, персональный компьютер со встроенным в системный блок модулем сбора аналоговой информации. Газораспределительный блок обеспечивает возможность поочередной подачи

сравнительного и анализируемого газа в рабочую кювету, контроля объемного расхода газа, подсоединения рабочей кюветы и отсоединения ее от линии сброса. Управление процессом измерений и обработка информации осуществляются с помощью компьютера по программе „Рефрактометр“, которая позволяет производить многократные измерения концентрации, запоминать их результаты, формировать и выдавать итоговый протокол.

Оптическая схема лазерного интерференционного рефрактометра „ЛАЗИР-2МК“ приведена на рисунке.



В качестве источника монохроматического света в приборе используется He—Ne-лазер типа ЛГН-2071-2Р с длиной волны излучения $\lambda=0,632991$ мкм. Излучение лазера 2 при помощи зеркала 8 направляется в двулучевой интерферометр 1. Интерферометр представляет собой моноблок из ситалла, в котором просверлены два канала, образующие кюветы — измерительную (рабочую) и сравнительную. На одном конце моноблока закреплена светоделительная призма Кестерса 3, а на другом — отражательный блок 4 с двумя зеркалами 5 и 6 для каждой кюветы. Пройдя через призму, поток излучения делится на два световых пучка — измерительный и опорный. Опорный пучок направляется на зеркало 5, а измерительный — на зеркало 6 отражательного блока. Отражаясь от зеркал, световые потоки вновь направляются на призму Кестерса 3, смешиваются и образуют интерференционную картину. Интерференционная картина при помощи зеркала 7 и светоделительной пластинки 11 регистрируется двумя фотоприемниками 9 и 10 типа ФД - 256.

Таким образом, световые пучки дважды проходят опорную и измерительную кюветы. Если в последней происходит процесс замещения газовой смеси с показателем преломления n_1 другой газовой смесью с показателем n_2 , то в плоскости фотоприемников наблюдается перемещение интерференционных полос. Регистрация смещения интерференционной картины осуществляется с точностью до 1/100 интерференционной полосы.

Измеряемая величина — объемная доля (концентрация C) компонента A в анализируемой газовой смеси, состоящей из компонентов A и B , определяемая выражением

$$C_A^a = C_A^{cp} \pm \frac{100\lambda P_0 T (N_a - N_{cp})}{2L_p (n_B - n_A) P T_0},$$

где C_A^a и C_A^{cp} — объемные доли компонента A в анализируемом и сравнительном газе, %; $L_p = 249100$ мкм — длина рабочей кюветы; $P_0 = 101,3$ кПа — атмосферное давление при нормальных условиях; P — атмосферное давление при проведении анализа; $T_0 = 273,2$ К — температура газа при нормальных условиях; T — температура газа при проведении анализа;

n_A и n_B — показатели преломления чистых газов A и B при λ , P_0 , T_0 ; N_a и N_{cp} — число интерференционных полос при заполнении рабочей кюветы анализируемым и сравнительным газом.

Знак „+“ перед вторым членом приведенной формулы получается при $N_a > N_{cp}$, знак „-“ — при $N_a < N_{cp}$. При отсутствии компонента A в сравнительном газе $C_A^{cp} = 0$.

Длина рабочей кюветы для конкретного экземпляра прибора измеряется с высокой точностью путем сравнения с концевой мерой длины 1-го разряда. Абсолютная погрешность измерения величины L_p составляет 0,3 мкм, относительная погрешность не более $0,6 \cdot 10^{-5} \%$. Относительная погрешность оценки расчетных значений показателей преломления чистых газов составляет менее $6 \cdot 10^{-3} \%$.

Для измерения температуры в рабочем пространстве в прибор может быть встроен малогабаритный цифровой термометр с термопреобразователем типа ТСМ-50, аттестованным в диапазоне рабочих температур от 0 до 50 °С с погрешностью 0,1 °С.

Прибор „ЛАЗИР-2МК“ работает при атмосферном давлении, т.е. при уравнивании давления в измерительной кювете с атмосферным. Измерение давления может проводиться с помощью образцового цифрового барометра типа БОП-1 с предельной погрешностью, не превышающей 10 Па, относительная погрешность при этом составляет $1 \cdot 10^{-2} \%$.

Таким образом, как видно из анализа приведенной формулы, погрешность измерения концентрации определяется в основном внешними условиями. Проверка границ погрешности измерений показала, что исходя из оценок составляющих погрешностей и анализа приведенной формулы можно определить границы абсолютной погрешности при аттестации двухкомпонентных газовых смесей. Для некоторых наиболее часто применяемых газовых смесей расчетные данные приведены в таблице.

Компонентный состав газовой смеси (определяемый компонент/газ-разбавитель)	Диапазон концентраций определяемого компонента, %	Границы абсолютной погрешности, %
H_2/N_2	0,3—1,0	$\pm 0,02$
	1,1—4,0	$\pm 0,03$
	4,1—6,0	$\pm 0,05$
	6,1—10,0	$\pm 0,08$
	10,1—20,0	$\pm 0,20$
	20,1—50,0	$\pm 0,30$
	50,1—90,0	$\pm 0,30$
H_2/N_2	90,1—95,0	$\pm 0,08$
	95,1—99,2	$\pm 0,04$
CH_4/Ar	4,0—10,0	$\pm 0,15$
	10,1—20,0	$\pm 0,30$
CH_4/N_2	10,1—20,0	$\pm 0,20$
	20,1—50,0	$\pm 0,30$
	50,1—90,0	$\pm 0,30$
	20,1—50,0	$\pm 0,20$
	50,1—99,0	$\pm 0,20$

Широкая номенклатура определяемых газовых компонентов, большой диапазон измеряемых концентраций, быстрота и точность анализа позволяют применять данный лазерный интерференционный рефрактометр для аттестации стандартных образцов состава газовых смесей 1-го и 2-го разряда, содержащихся в баллонах под давлением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8.578-2008. Государственная поверочная схема для средств измерений содержания компонентов в газовых средах. Введ. с 01.03.2009. М.: Стандартинформ, 2008.
2. ТУ 6-16-2956-92. Смеси газовые поверочные — стандартные образцы состава; с учетом изменений № 1—7. СПб: ВНИИМ им. Д. И. Менделеева, 2008—2011.

Сведения об авторах

- Мария Валериевна Беднова** — Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева, Санкт-Петербург; кафедра экологического приборостроения и мониторинга НИУ ИТМО; инженер;
E-mail: bednova@b10.vniim.ru
- Леонид Алексеевич Конопелько** — д-р техн. наук, профессор; Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева, Санкт-Петербург; кафедра экологического приборостроения и мониторинга НИУ ИТМО;
E-mail: lkonop@b10.vniim.ru

Рекомендована кафедрой
экологического приборостроения и
мониторинга НИУ ИТМО

Поступила в редакцию
07.02.13 г.

УДК 389

М. В. БЕДНОВА, Л. А. КОНОПЕЛЬКО

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ НАРКОТИЧЕСКИХ ГАЗОВ ПРИ ПОВЕРКЕ МЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЫ

Приведено описание стандартных образцов наркотических газов, применяемых в качестве средств метрологического обеспечения газоаналитических блоков прикроватных мониторов.

Ключевые слова: прикроватные мониторы, наркотические газы, фторотан, изофлюран, севофлюран, энфлюран.

В настоящее время в медицинских учреждениях получают применение прикроватные мониторы — автоматические системы, предназначенные для регистрации и измерения параметров состояния пациента, таких как температура тела, частота пульса, частота дыхания, артериальное давление и др.

Среди контролируемых параметров состояния пациента особую значимость имеет показатель, характеризующий содержание в выдыхаемом пациентом воздухе анестетических компонентов, применяемых при операциях в качестве наркоза. Для измерения объемной доли анестетических компонентов в выдыхаемом пациентом воздухе используется газоаналитический блок, встроенный в прикроватный монитор (или подключаемый к нему). С помощью этого блока также может осуществляться и идентификация подаваемого анестетического компонента. Работа газоаналитического блока базируется на методе инфракрасной спектроскопии.

Современное широкое применение систем мониторинга, позволяющих измерить объемную долю наркотических газов в выдыхаемом пациентом воздухе при анестезии, выявило необходимость разработки средств их метрологического обеспечения.

В качестве таких средств используются стандартные образцы, созданные на основе наркотических газов и представляющие собой бинарные газовые смеси анестетических компонентов