

и связанный с ним коэффициент редукции η электродвигателя, в зависимости от задачи исследований и амплитуды создаваемых изгибных напряжений, могут варьироваться в широких пределах: $n \approx 1, 5 \div 100$ и более, а $\eta \approx 1/100 \div 1/700$. Упор 7 предназначен для сохранения нейтрального положения нижней части образца при изгибе, а преобразователь Баркгаузена (ПБ) 8 – для регистрации величины магнитного шума в зависимости от уровня создаваемых напряжений. Конструкция ПБ позволяет устанавливать на образец, не снимая его каждый раз в процессе создания деформаций и измерения, и, таким образом, проводить регистрацию МШ не только в статическом, но и динамическом режиме [3]. Изменяя последовательно величину растягивающих (с помощью фиксатора 3 и регулирующей гайки) и изгибных (путем изменения положения силовозбудителя 6 на диске или меняя диаметр подшипника) напряжений, можно построить экспериментальные зависимости уровня магнитошумового сигнала от расчетного значения отдельных или результирующего напряжения при сложно-напряженном состоянии. При исследовании влияния числа циклов изгибных напряжений N находящегося под действием продольных напряжений образца на МШ строится и анализируется аналогичная зависимость, в результате можно найти $N_{крит}$, при котором образец разрушается.

Моделировать таким образом в образце СНС и оценивать, например, усталостную долговечность с помощью МЭБ, можно практически в любой точке поверхности образца, для чего необходимо переместить электродвигатель на

УДК 536.626.2

БОМБОВЫЙ ИЗОПЕРИБОЛИЧЕСКИЙ КАЛОРИМЕТР БИК 100 – СРЕДСТВО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОТЫ СГОРАНИЯ ТВЕРДЫХ, ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ ТОПЛИВ

Васаренко И.В.¹, Максимук Ю.В.², Сыщенко А.Ф.¹, Дубовик И.Г.¹, Фесько В.В.²

¹Закрытое акционерное общество «БМЦ», Минск, Республика Беларусь

²Учреждение Белорусского государственного университета

«Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», Минск, Республика Беларусь

Развитие и внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий в производственном секторе Республики Беларусь тесно связано с достижениями в области приборостроения. Национальная система стандартизации и метрологии предъявляет высокие требования к контролю производств, связанных с получением тепла. Использование современного лабораторного оборудования для учета тепловых ресурсов является одним из инструментов контроля эффективности их использования.

Теплота сгорания – главный показатель качества котельных топлив, определяющий его стоимость. Поэтому ее точное определение является

важной метрологической задачей. Экспериментальным методом определения теплоты сгорания топлив в различных агрегатных состояниях является бомбовая калориметрия, основанная на использовании в качестве средства измерения соответствующего калориметра. Метод заключается в измерении количества тепла, выделяющегося при полном сгорании навески топлива в калориметрической бомбе в среде сжатого кислорода. Существуют различные типы конструкций бомбовых калориметров сжигания и несколько вариантов их классификаций. Сравнительный анализ технических и метрологических характеристик бомбовых калориметров приведен

боковой стойке силовой рамы в вертикальном положении и, соответственно, преобразователь Баркгаузена по образцу. Предварительные испытания установки на образце размером 200 x 25 x 0,8 мм из стали Ст.3. показали работоспособность и эффективность при создании, исследовании и НК сложного напряженного состояния с помощью метода эффекта Баркгаузена. Для исследуемого образца рассчитанные в соответствии с формулами сопромата максимальные растягивающие и изгибные напряжения в отдельности составили $\approx +200$ МПа.

Создаваемое в образце вышеуказанной методикой сложное напряженное состояние, моделирующее совместное действие линейного растяжения с пространственным изгибом и рассчитанное на основе классической задачи, приводит к изменению уровня МШ. Обработка и анализ уровня и распределения по направлению МШ в зависимости от вклада в сигнал ПБ обоих видов напряжений с различными амплитудами, позволяют исследовать влияние напряжений на усталостную долговечность металла и разработать приближенную методику ее оценки.

1. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С. и др., Киев: Наук. думка, 1988.- 736 с.
2. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.
3. Патент РБ №2113 от 05.02.2005г.: МПК G01N 27/72. Магнитошумовой преобразователь /Бусько В.Н. // Аф. Б. ,2005.-№3. - ч.2. - С. 99 - 100.

важной метрологической задачей. Экспериментальным методом определения теплоты сгорания топлив в различных агрегатных состояниях является бомбовая калориметрия, основанная на использовании в качестве средства измерения соответствующего калориметра. Метод заключается в измерении количества тепла, выделяющегося при полном сгорании навески топлива в калориметрической бомбе в среде сжатого кислорода. Существуют различные типы конструкций бомбовых калориметров сжигания и несколько вариантов их классификаций. Сравнительный анализ технических и метрологических характеристик бомбовых калориметров приведен

в [1,2]. Самым распространенным является изопериболический калориметр с водяной оболочкой.

В Республике Беларусь используется большой парк бомбовых калориметров, изготовленных в СССР, которые уже отслужили свой срок и нуждаются в замене. Покупка дорогостоящего зарубежного оборудования требует привлечения значительных валютных средств. Поэтому в рамках выполнения задания подпрограммы «Биоэнергетика (энергоресурсы)» Государственной программы «Инновационные биотехнологии» создана и в 2013 году внесена в Госреестр (№ 03 10 5145 13) серийная модель бомбового изопериболического калориметра БИК 100 (рис.) – первого отечественного средства измерения теплоты сгорания топлив в твердом, жидком и газообразном состояниях. Мелкосерийное производство калориметра БИК 100 организовано на научно-технической базе ЗАО «БМЦ», являющегося ведущим производителем современного аналитического и высокоточного метрологического оборудования для лабораторий нефтехимического и энергетического комплексов. Новыми калориметрами оснащены лаборатории Белорусского государственного университета, Гомельской ТЭЦ-2 Республиканского унитарного предприятия электроэнергетики «Гомельэнерго», Витебского дочернего унитарного коммунального производственного предприятия котельных и тепловых сетей.

Калориметр БИК 100 состоит из термостатированной водяной оболочки, измерительно - вычислительного блока и калориметрического сосуда с калориметрической бомбой, размещенных в едином корпусе. Внутри термостатируемой оболочки находится закрытая со всех сторон полость, в которую помещается калориметрический сосуд с бомбой. Температура воды в оболочке – 26,2 °С. Габаритные размеры прибора 550×350×600. Электропитание калориметра осуществляется от сети переменного тока напряжением 230 ± 10 % В и частотой $(50 \pm 1,0)$ Гц. Гарантийный срок эксплуатации прибора составляет 12 месяцев.

Внешняя оболочка состоит из цилиндрического термостата, блока охлаждения и верхней крышки.

Цилиндрический термостат объемом 12 дм³, заполненный дистиллированной водой, имеет перелив, состоящий из двух вставленных друг в друга цилиндрических ванн, между которыми на специальных дистанцерах закреплена цилиндрическая труба (перелив). Использование эффекта перелива обеспечивает дополнительную стабилизацию температуры воды в оболочке до 0,01 °С. Термостатируемая среда обладает градиентом температур по горизонтали и вертикали не более 0,008 °С/см. По внешней стенке термо-

стата намотан охладитель (медная трубка), его концы подсоединены к блоку охлаждения.

Блок охлаждения состоит из компрессора, соединённого с радиатором, а вся система заполнена фреоном. Наличие встроенной системы охлаждения оболочки калориметра не требует подключения прибора к внешним источникам холода для сброса избыточного тепла.



Рисунок 1 – Внешний вид калориметра БИК 100

Верхняя крышка представляет собой отдельно сконструированную полую крышку, внутри которой есть каналы, к которым через насос, размещенный на боковой стенке калориметра, подсоединён термостат. Теплоноситель из термостата прокачивается через крышку и возвращается обратно в термостат. После выхода термостата на рабочий режим температура крышки и термостата становятся одинаковыми.

Калориметрический сосуд располагается внутри термостатированной оболочки и отделен от неё 12 мм воздушным зазором, а сверху закрыт термостатированной крышкой. Сосуд представляет собой цилиндрическую металлическую емкость объемом 3 дм³, отполированную до зеркального блеска и крышку с контактами, пальчиковым ТЭНом для предварительного подогрева и разъемом под датчик. Перемешивание воды в сосуде осуществляется с помощью специально сконструированной магнитной мешалки с равномерной скоростью 120 об/мин.

Измерительно-вычислительный блок размещен над блоком охлаждения и отвечает за работу термостата, шагового двигателя, насоса, за измерение температуры в сосуде и оболочке, за регу-

лировку температуры оболочки, проведение опыта в автоматическом режиме с записью первичных данных и вычислением результата.

Измерение температуры проводится с использованием 2-х платиновых термометров сопротивления (ТСП-1199) класса А с разрешающей способностью $0,0001\text{ }^{\circ}\text{C}$ и абсолютной погрешностью измерения ($0,15 + 0,002\text{ T}$) в диапазоне от -50 до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Калибровка термометров проводилась по 5-и точкам в интервале $22-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ с помощью эталонного измерителя температуры (ИТЭ-1) с абсолютной погрешностью измерения температуры $\pm 0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$. При государственных приемочных испытаниях для калориметра БИК 100 установлены следующие характеристики: нестабильность поддержания температуры оболочки менее $0,001\text{ }^{\circ}\text{C}$, абсолютная погрешность измерений температуры $\pm 0,025\text{ }^{\circ}\text{C}$ при базовой температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Калориметр оснащен двумя бомбами из нержавеющей стали для сжигания веществ в конденсированном и газообразном состояниях. Внутренний объем бомб 260 см^3 и 240 см^3 , соответственно. Заправка калориметрических бомб кислородом до требуемого давления в 3 МПа проводится с использованием специальной станции, входящей в комплект поставки. Калориметрический опыт проводится в автоматическом режиме. На жидкокристаллическом экране в режиме реального времени отображаются значения текущих температур в сосуде и оболочке. Продолжительность начального, главного и конечного периодов составляет $5, 15$ и 5 мин, соответственно. Результат опыта (исправленный подъем

УДК 681.2

АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ СПЕКТРОВ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ, ИСКАЖЁННЫХ ОШИБКАМИ ИЗМЕРЕНИЯ

Васильев Н.С., Морозов А.Н.

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
Москва, Российская Федерация*

Сегодня спектроскопия является одним из наиболее востребованных в физике и аналитической химии методов изучения веществ. Развитие вычислительной техники позволило осуществить автоматическую интерпретацию зарегистрированных спектров, что нашло применение в приборах-анализаторах химического состава веществ. Использование алгоритмов вместо человеческого навыка имеет ряд преимуществ: скорость анализа, возможность работы со спектральными базами большого размера, индифферентность к внешним условиям.

С развитием фото измерительной аппаратуры и повышением её спектральной чувствительности становятся перспективными методики, основанные на фотолюминесценции. К основным преимуществам этих систем можно отнести вы-

сокую чувствительность благодаря высокому квантовому выходу вторичного излучения. Это позволяет создавать приборы, осуществляющие обнаружение взрывчатых, токсичных и запрещённых к применению веществ в малых концентрациях в форме их остаточных следов на различных подстилающих поверхностях.

Методы, основанные на ультрафиолетовой спектроскопии в ближнем и среднем спектральном диапазоне, активно развиваются во всём мире [1-9]. Особенности спектров электронных переходов внешних (валентных) электронов могут привести к не оптимальным результатам распознавания. Вопрос о применении существующих математических методов для получения наилучшего результата при автоматическом распознавании спектров остаётся открытым.

температуры) выводится на жидкокристаллический экран калориметра сразу после его окончания. Исходные данные калориметрического опыта записываются в память микропроцессора и могут быть перенесены на внешний компьютер или другое устройство.

По результатам проведенных калибровок первой изготовленной серии калориметров БИК 100 величина СКО случайной составляющей погрешности определения энергетического эквивалента, определяемого по стандартному образцу (ГСО 5504-90) бензойной кислоты марки К-3 не превышала $0,05\%$.

Созданный калориметр БИК 100 по метрологическим характеристикам соответствует лучшим мировым аналогам. Переход организаций и предприятий на новые бомбовые калориметры БИК 100 совместно с использованием национального эталона единицы энергии сгорания «Джоуль» (БелГИМ) позволит создать в Республике Беларусь собственную систему единства измерений энергий сгорания твердых и жидких топлив.

1. Корчагина, Е.Н. Калориметрия сгорания топлив / Е.Н. Корчагина, Е.В. Ермакова, В.П. Варганов // Мир измерений. – 2012. – № 2. – С. 32–39.
2. Корчагина, Е.Н. Сравнительный анализ технических и метрологических характеристик бомбовых калориметров, применяемых в России / Е.Н. Корчагина, Е.В. Ермакова, В.И. Беляков // Измерительная техника. – 2011. – № 2. – С. 51-57.