

материалов в обеспечение межгосударственного стандарта ГОСТ 7076-99, гармонизированного с международным стандартом ISO 8301:1991.

2. Выработаны рекомендации по проектированию аналогичных приборов и установок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 7076-99. Материалы строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стандартном тепловом режиме.
2. Международный стандарт ИСО 8301:1991. Теплоизоляция. Определение термического со-

противления и связанных с ним теплофизических показателей при стационарном тепловом режиме. Прибор, оснащенный тепломером.

3. Теоретические основы расчета и проектирования установок для определения теплопроводности. Отчет по НИР.- 2003.- 176 с.
4. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30619-98 (ДСТУ 3756-98) Энергосбережение. Преобразователи теплового потока термоэлектрические общего назначения. Общие технические условия.- Киев: Госстандарт Украины.- 2000.- 21 с.

*Получено 12.10.2004 г.*

УДК 621.314.7

**БУТЕНКО А.И.**

*Ин-т технической теплофизики НАН Украины*

## ПРИЕМНИКИ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОДЕЛЕЙ РАП-12М И РАП-12М.2

Описано конструкцію та принцип дії приймачів теплового випромінювання РАП-12М та РАП -12М.2. Наведено їх експлуатаційні та метрологічні характеристики.

Описаны устройство и принцип действия приемников теплового излучения РАП-12М и РАП-12М.2. Приведены их эксплуатационные и метрологические характеристики.

The construction and action principle of thermal radiation receivers РАП-12М and РАП-12М.2 are described. Their operational and metrological characteristics are given.

$a$  – поглотательная способность;  
 $e_{\text{ПТП}}$  – сигнал ПТП, мВ;  
 $K$  – константа прибора, кВт/(м<sup>2</sup>·мВ);  
 $q$  – плотность потока теплового излучения, Вт/м<sup>2</sup>;  
 $T$  – температура, К;  
 $\varepsilon$  – степень черноты;  
 $\sigma$  – постоянная Стефана-Больцмана, Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>);  
 ПТП – преобразователь теплового потока;

ПТ – преобразователь температуры;  
 ЦПУ – цифровое показывающее устройство;

#### Индексы:

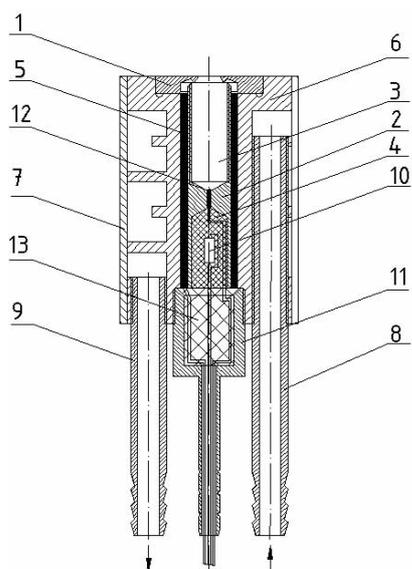
изм – измеренный;  
 пад – падающий;  
 погл – поглощенный;  
 рез – результирующий;  
 соб – собственный.

## Введение

При сертификационных испытаниях на пожаровзрывоопасность возникает необходимость измерения радиационного теплового потока, воздействующего на контролируемое изделие. Измерение этой характеристики регламентируется стандартами [1, 2]. Для приборного обеспечения этих стандартов в отделе теплотрии ИТТФ НАН Украины были созданы приемники теплового излучения моделей РАП-12М и РАП-12М.2, относящиеся к абсолютным полостным водоохлаждаемым приемникам с термоэлектрическим преобразователем теплового потока. При этом учитывался опыт создания приемников такого же типа [3, 4].

## Устройство приемников

Приемник, конструктивная схема которого приведена на рисунке, представляет собой абсо-



**Рис. Устройство приемников теплового излучения моделей РАП-12М и РАП-12М.2: 1 – диафрагма; 2 – тепловой коллектор; 3 – приемная ячейка; 4 – градуировочная ячейка; 5 – ПТП; 6 – корпус; 7 – кожух; 8 и 9 – входной и выходной штуцеры охлаждения; 10 – калибровочный нагреватель; 11 – штуцер; 12 – термо-электрический преобразователь температуры типа ХА; 13 – тепловая изоляция.**

лютный полостной водоохлаждаемый приемник теплового излучения с термоэлектрическим теплочувствительным элементом.

Тепловоспринимающая часть приемника выполнена в виде полостной модели абсолютно черного тела и состоит из диафрагмы 1 и теплового коллектора 2. Тепловой коллектор 2 имеет две полости – приемную 3 и градуировочную 4. Между тепловым коллектором 2 и корпусом 6 вклеен теплочувствительный элемент – преобразователь теплового потока 5 (далее по тексту – ПТП). В свою очередь корпус 6 находится в кожухе 7. Для циркуляции хладагента используются входной 8 и выходной 9 штуцеры. Калибровочный нагреватель 10 расположен в градуировочной ячейке 4 при помощи заливочного компаунда. Штуцер 11 служит для вывода кабеля. Для контроля температуры поверхности приемной полости 3 в ее нижней части зачеканен спай термоэлектрического преобразователя температуры 12. Он представляет собой термоду, изготовленную из хромелевой и алюмелевой термоэлектродных проволок диаметром 0,3 мм стандартной градуировки ХА (К). Тепловая изоляция 13 предназначена для уменьшения тепловых потерь.

Диафрагма 1 выполнена из полированного дуралюмина и запрессована в корпус 6. Для увеличения коэффициента поглощения тепловоспринимающая поверхность приемной ячейки 3 покрыта V-образными канавками в виде резьбы, на которые нанесен слой поглощающего покрытия.

ПТП является основным узлом приемника и предназначен для измерения потока результирующего (прошедшего) теплового излучения. ПТП является термоэлектрическим многоэлементным первичным измерительным преобразователем энергии теплового излучения в электрический сигнал. ПТП выполнен согласно межгосударственному стандарту [5] в виде вспомогательной стенки, на одной поверхности которой расположены горячие, а на другой – холодные спаи батареи термоэлементов.

Батарея состоит из дифференциально соединенных константан-медных элементов, включенных параллельно по измеряемому потоку и после-

довательно по генерируемому сигналу. Термоэлементы изготовлены с применением гальванической технологии и сформованы в виде цилиндрической оболочки, которая фиксируется заливочным компаундом между корпусом 6 и тепловым коллектором 2.

При проведении градуировки, метрологической аттестации и поверок прибора для задания нормированного теплового потока используется калибровочный нагреватель 10, который представляет собой стандартный металлопленочный резистор типа МЛТ номиналом 200 Ом и номинальной мощностью 2 Вт.

Токоподводящие провода нагревателя 10 и потенциалосъемные провода ПТП и ПТ выведены за пределы корпуса через штуцер 11 на длину 2 м в виде соединительного кабеля, оканчивающегося разъемом.

Модель РАП-12М применяется в комплекте со стандартным измерителем напряжения постоянного тока. В состав прибора модели РАП-12М.2 входит также специализированное цифровое показывающее устройство.

ЦПУ предназначено для масштабирования и измерения сигналов первичных преобразователей (ПТП и ПТ) приемника и представления измерительной информации в цифровом виде на жидкокристаллическом табло в единицах измерения плотности теплового потока ( $\text{кВт}/\text{м}^2$ ) и температуры ( $^{\circ}\text{C}$ ).

### Принцип работы

В основу работы прибора положен принцип преобразования поглощенной энергии интегрального теплового излучения в электрический сигнал ПТП. Измеряемая поверхностная плотность потока интегрального теплового излучения определяется по формуле

$$q_{\text{рез}} = e_{\text{ПТП}} \cdot K, \quad (1)$$

где  $e_{\text{ПТП}}$  – сигнал ПТП, мВ;

$K$  – константа прибора,  $\text{кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{мВ})$ .

Значение поверхностной плотности потока собственного теплового излучения  $q_{\text{соб}}$  определяется по формуле

$$q_{\text{соб}} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot T^4, \quad (2)$$

где  $T$  – абсолютная температура приемника, К.

Значение поверхностной плотности потока падающего теплового излучения  $q_{\text{пад}}$  определяется исходя из следующего уравнения теплового баланса:

$$q_{\text{рез}} = \bar{q}_{\text{изм}} = \bar{q}_{\text{пад}} \cdot a - \bar{q}_{\text{соб}}. \quad (3)$$

С учетом того, что плотность собственного теплового излучения определяется по формуле (2); поглотительная способность приемника  $a = \varepsilon$ , плотность результирующего теплового излучения  $q_{\text{рез}} = \bar{q}_{\text{изм}}$  находится прямым измерением, получена следующая расчетная формула для поверхностной плотности потока падающего теплового излучения:

$$q_{\text{пад}} = \frac{\bar{q}_{\text{изм}}}{a} + \sigma T^4. \quad (4)$$

### Характеристики

Диапазон измеряемых приемниками значений плотности потока теплового излучения лежит в пределах от 1 до  $75 \text{ кВт}/\text{м}^2$ . Для более точного определения плотности потока теплового излучения в приборе предусмотрена разбивка всего диапазона на два поддиапазона:

- до  $19,99 \text{ кВт}/\text{м}^2$  с дискретностью отсчета  $0,01 \text{ кВт}/\text{м}^2$  (предел "20");
- до  $75,0 \text{ кВт}/\text{м}^2$  с дискретностью отсчета  $0,1 \text{ кВт}/\text{м}^2$  (предел "75").

Таблица. Основные технические характеристики

Диапазон измерения поверхностной плотности теплового потока, $\text{кВт}/\text{м}^2$	1...75
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения по поддиапазнам, %	
1...20 $\text{кВт}/\text{м}^2$ :	$\pm 6$
20...75 $\text{кВт}/\text{м}^2$ :	$\pm 3$
Диапазон рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$	15...50
Поглотительная способность	0,99
Диаметр входного отверстия диафрагмы, мм	6,0
Габаритные размеры приемника, мм	
- приемника (радиометра)	$\varnothing 55 \times 140$
- цифрового показывающего устройства, не более	$175 \times 90 \times 45$

Спектральный диапазон теплового излучения от 0,3 до 24 мкм. Геометрия полости и диафрагмы позволила получить интегральную поглотательную способность порядка  $0,99 \pm 0,005$  [6, 7].

Время достижения установившегося теплового состояния приемника теплового излучения прибора на уровне 63%, при измерении стационарного теплового излучения не более 40 с.

Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения в поддиапазоне от 1-20 кВт/м<sup>2</sup>  $\pm 6$  %, а в поддиапазоне от 20-75 кВт/м<sup>2</sup>  $\pm 3$  %.

Приемники прошли государственную метрологическую аттестацию в Укрметтестстандарте.

Основные технические характеристики приемников указаны в таблице.

### Выводы

Разработанные приемники теплового излучения имеют ряд достоинств по сравнению с существующими аналогами – широкий диапазон измерения, наличие специального нагревательного элемента, обеспечивающего проведение периодических поверок прибора. Могут применяться как в комплекте со стандартным измерителем на-

пряжения постоянного тока, так и в комплекте с цифровым показывающим устройством. Созданные приборы предназначены для использования в специализированных стендах [1, 2] и позволяют отказаться от импорта.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ДСТУ БВ.2.7-70-98 (ГОСТ 30444-97). Будівельні матеріали. Метод випробування на розповсюдження полум'я.
2. ГОСТ 12.1.044-89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
3. Декуша Л.В., Грищенко Т.Г., Воробьев Л.И. Полостной приемник теплового излучения// Пром. Теплотехника.– 2002.– Т. 24.– № 4.– С. 89-92.
4. Геращенко О.А. Основы теплотеметрии.– Киев: Наукова думка., 1971.– 192 с.
5. ДСТУ 3756-98 (ГОСТ 30619-98). Енергозбереження. Перетворювачі теплового потоку термоелектричні загального призначення. Загальні технічні умови.
6. Русин С.П., Пелецкий В.Э. Тепловое излучение полостей.– М: Энергоатомиздат.– 1987.– 152 с.
7. Хадсон Р. Инфракрасные системы.– М: Мир, 1972.– 534 с.

Получено 19.10.2004 г.

УДК 536.2.022

ДЕКУША О.Л.

Ин-т технической теплофизики НАН Украины

## ПРИБОР ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ИЗМЕРЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ (ИТ-8)

Описано прилад для вимірювання теплопровідності твердих матеріалів неруйнівним способом у виробничих умовах ИТ-8. Розглянуті переваги диферен-

Описан прибор для измерения теплопроводности твердых материалов неразрушающим способом в производственных условиях ИТ-8. Рассмотрены преимущества

The device for measurement of thermal conductivity of firm materials by nondestructive method under industrial conditions ИТ-8 is described. Ad-