

Излучатели в виде моделей абсолютно черного тела

Emitters in the form of models absolutely blackbody

Аннотация: В статье описываются излучатели в виде моделей абсолютно черных тел, выпускаемых предприятием АО «НПП «Эталон», а также рассказывается о новых разработках в этом направлении.

Abstract: The article describes the models of blackbodies, produced by JSC «NPP «Etalon», and describes new developments in this direction.

Ключевые слова: эталонный излучатель, абсолютно черное тело, калибровка пирометров.

Key words: reference emitter, a black body, calibration of the pyrometers.

Тепловое излучение является одним из источников информации о температуре и может быть использовано для ее измерения. Раздел температурных измерений, который изучает методы и средства измерения температуры тел по их тепловому излучению, называют пирометрией. В настоящее время пирометры являются распространенными промышленными средствами дистанционного измерения температуры. Но для получения точных показаний температуры пирометры необходимо калибровать. Согласно ГОСТ 8.558-2009, часть 3 [1] одним из средств поверки (калибровки) являются модели абсолютно черных тел (АЧТ).

Предприятием АО «НПП «Эталон» выпускаются следующие эталонные излучатели 2-го разряда.

АЧТ-165/40/100 состоит из излучателя теплового, блока управления БУ-7-5, эталонного термометра сопротивления ЭТС-100. Излучатель выполнен в виде цилиндрической полости с гофрированным дном. Стенки и дно имеют специальное покрытие, что обеспечивает коэффициент излучательной способности 0,99. Для нагрева полости используются электронагревательные элементы, расположенные внутри резервуара, и теплоноситель (дистиллированная вода). Для достижения однородной температуры дна и стенок полости осуществляется принудительное перемешивание теплоносителя. Внешний вид АЧТ приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид АЧТ-165/40/100

АЧТ-45/100/1100 – основной частью является трубчатая печь, в рабочем пространстве которой установлена вставка из никеля с конической излучающей полостью. Положение вставки относительно торцов печи рассчитаны таким образом, чтобы обеспечить излучательную способность равную 0,99. АЧТ разработано на базе выпускаемой на предприятии печи МТП-2МР, укомплектовано эталонной термопарой ППО 1 разряда, термостатом холодных концов, блоком управления БУ-7-4. Внешний вид АЧТ приведен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид АЧТ-45/100/1100

АЧТ-30/900/2500 выполнено в виде моноблока и состоит из излучателя, шкафа управления, пирометра обратной связи ПД-10 и эталонного пирометра ПД-4-06. При разработке конструкции АЧТ использовался опыт разработчиков ВНИИМ, ИВТАН и ВНИОФИ. Конструкция излучателя представляет собой заключенную в водоохлаждаемый корпус и окруженную теплоизолирующим слоем излучающую полость, выполненную из графита, нагреваемого пропусканием электрического тока, проходящим непосредственно по стенкам излучателя. Эффективный коэффициент излучения полости не менее 0,99

гарантируется её конфигурацией и конструкцией печи. При замене излучающей полости на нагреватель специальной конструкции, АЧТ может использоваться как печь для воспроизведения реперных точек плавления (затвердевания) чистых металлов (серебра, меди, золота, платины). По характеристикам не имеет российских и импортных аналогов. Внешний вид АЧТ приведен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Внешний вид АЧТ-30/900/2500

ПЧТ-540/40/100 – излучатель в виде модели протяженного черного тела предназначен для проверки диапазона и определения погрешности тепловизионных приборов (тепловизионных и термографических систем, сканирующих пирометров и других средств бесконтактного контроля температуры), а также определения угла поля зрения и геометрических параметров разрешения по горизонтали и вертикали. Основной частью модели ПЧТ является излучатель протяженный тепловой. Он выполнен в металлическом корпусе, с лицевой стороны которого расположена излучающая поверхность, встроенная в жидкостный термостат, которая имеет специальное покрытие, обеспечивающее заданный коэффициент черноты. На корпусе ПЧТ предусмотрены места крепления для поверки тепловизионных приборов. Внешний вид АЧТ приведен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Внешний вид ПЧТ-540/40/100

Характеристики моделей АЧТ представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики моделей АЧТ

Характеристики	АЧТ- 165/40/100	АЧТ- 45/100/1100	АЧТ- 30/900/2500	ПЧТ- 540/40/100
Диапазон воспроизводимых температур, °С	40...95	300...1100	900...2500	30...95
Коэффициент излучательной способности	0,99	0,99	0,99	0,96
Апертура (размеры поверхности), мм	165	45	30	540x540
Разряд	2			
Доверительная погрешность воспроизведения температуры при доверительной вероятности 0,95, не более	1 °С +0,6% от установленной температуры		0,3%	1,1 °С
Неравномерность температуры относительно центра излучающей поверхности, °С	-			(30-50)°С ±1 (50-95)°С ±2
Погрешность поддержания температуры в стационарном режиме, °С, не более	± 0,15	± 0,5	± 0,5	± 0,15
Дрейф температуры излучателя за 15 минут, °С, не более	0,1	0,5	0,25-(t<1700°С) 0,3-(t>1700°С)	0,1
Время выхода на стационарный режим, мин., не более	(40-60)°С -50 (60-95)°С - 90	120	20-(t<900°С) 40-(t<1700°С) 60-(t<2500°С)	(40-60)°С -50 (60-95)°С -90
Связь с ЭВМ	RS-232			
Потребляемая мощность, кВА, не более	3	5	20	4,8

Все поверочное оборудование зарегистрировано в Государственном реестре средств измерений и имеет соответствующие сертификаты и свидетельства. [2]

Ведется разработка модели АЧТ на диапазон от 50 до 500 °С. Изготовлен первый опытный образец. За счет геометрии полости, отношения глубины к диаметру (не менее 8) и специального покрытия планируется получить коэффициент излучательной способности не менее 0,998.

На рисунке 5 приведен график стабильности поддержания температуры в полости АЧТ на температуре 500 °С за 30 минут работы.

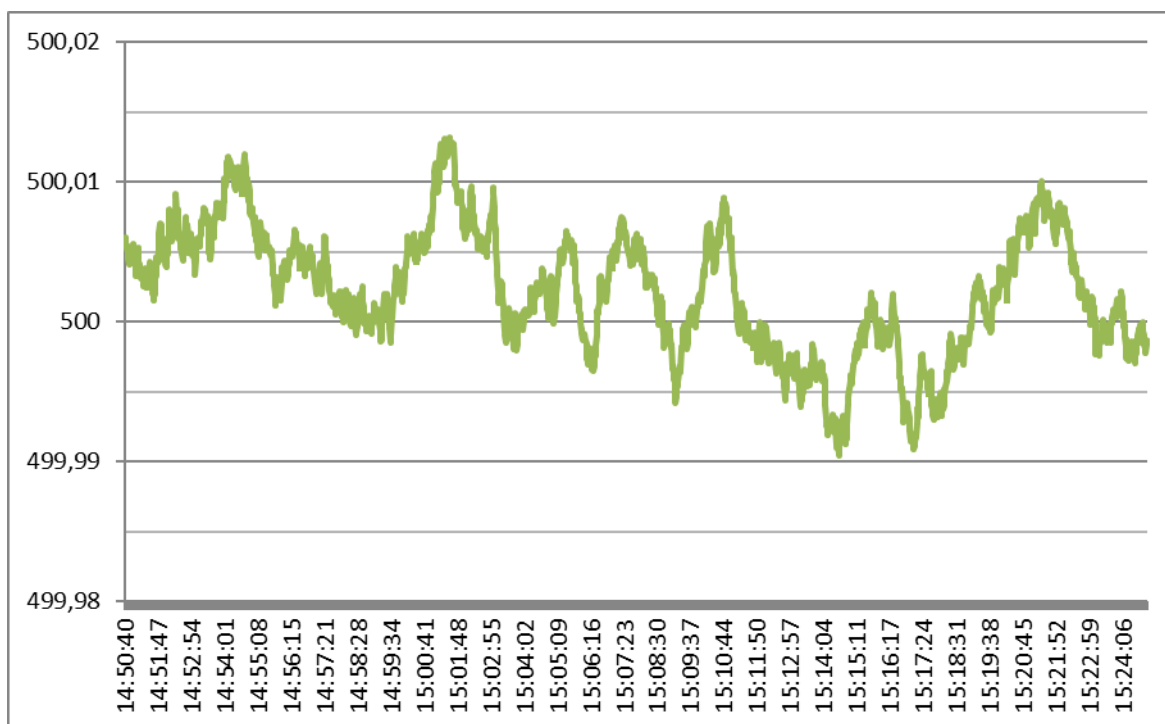


Рисунок 5 – Стабильность поддержания температуры в полости опытного образца АЧТ при температурном режиме 500 °С

Как видно из рисунка 5, нестабильность в полости на максимальной температуре не превышает значение $\pm 0,015$ °С, что является очень хорошим показателем.

Из последних разработок следует отметить низкотемпературный излучатель в виде модели абсолютно черного тела АЧТ 70/-40/80, предназначенного для настройки, поверки и калибровки средств бесконтактного измерения температуры (пирометров полного и частичного излучения, сканирующих пирометров и тепловизионных систем) в диапазоне температур от минус 40 до плюс 80 °С.

Имеет двухблочную конструкцию: тепловой излучатель (ИТ) и блок управления (БУ-10), устанавливающиеся один поверх другого. Специальное крепление позволяет жестко зафиксировать положение излучателя. Внешний вид АЧТ приведен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Внешний вид АЧТ 70/-40/80

Полость излучения имеет цилиндрическую форму и имеет рельефную поверхность стенок и дна, что в совокупности со специальным покрытием обеспечивает высокую излучательную способность, не менее 0,997.

Нагрев или охлаждение излучателя осуществляется при помощи термоэлектрических модулей, оборудованных системой теплообмена с окружающей средой, расположенных на излучателе таким образом, чтобы обеспечить минимальный градиент температуры поверхности полости.

Поддержание температуры в излучающей полости осуществляется автоматически при помощи блока управления БУ-10, имеющего обратную связь с датчиком температуры, встроенным в термоблок ИТ. В зависимости от установленной температуры и сигнала с датчика БУ-10 управляет мощностью, подаваемой на термоэлектрические модули термоблока ИТ.

На рисунке 7 приведен график стабильности поддержания температуры в полости АЧТ на максимальной рабочей температуре с открытой полостью за 30 минут работы.

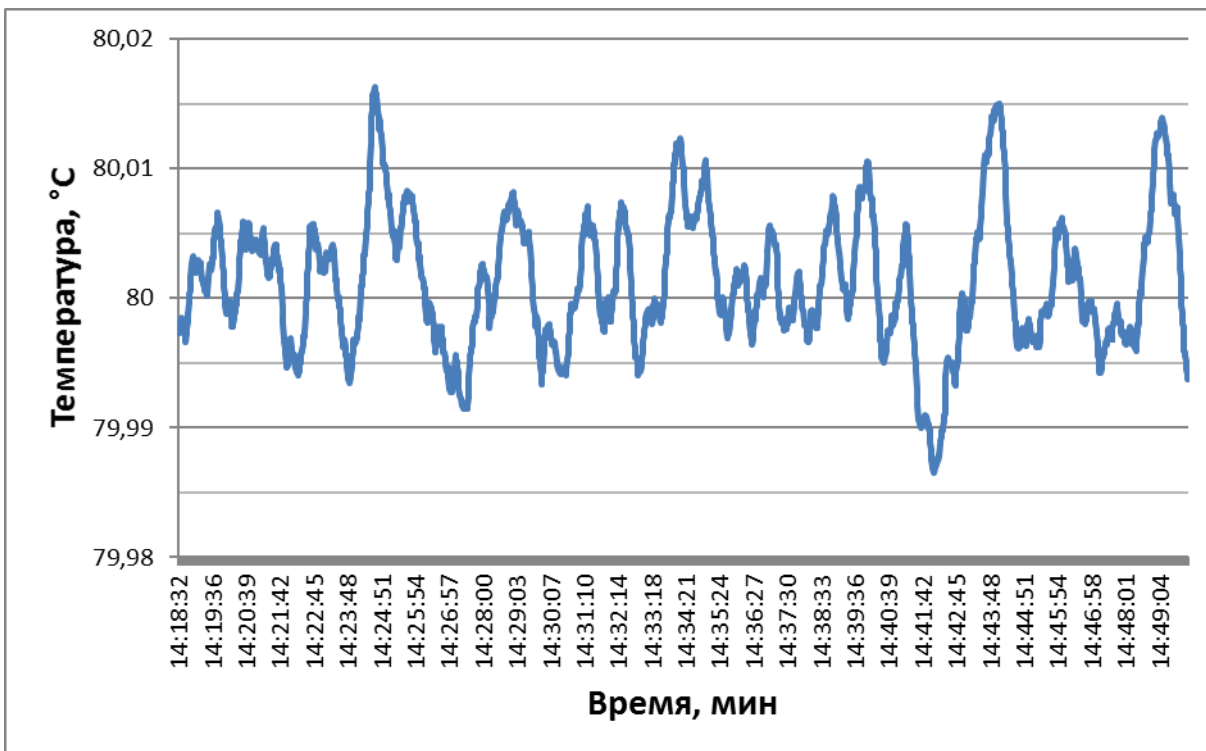


Рисунок 7 – Стабильность поддержания температуры в полости АЧТ 70/-40/80 при температурном режиме 80 °С

На рисунке 8 приведен график стабильности поддержания температуры в полости АЧТ на температурном режиме минус 40 °С с закрытой полостью за 30 минут работы.

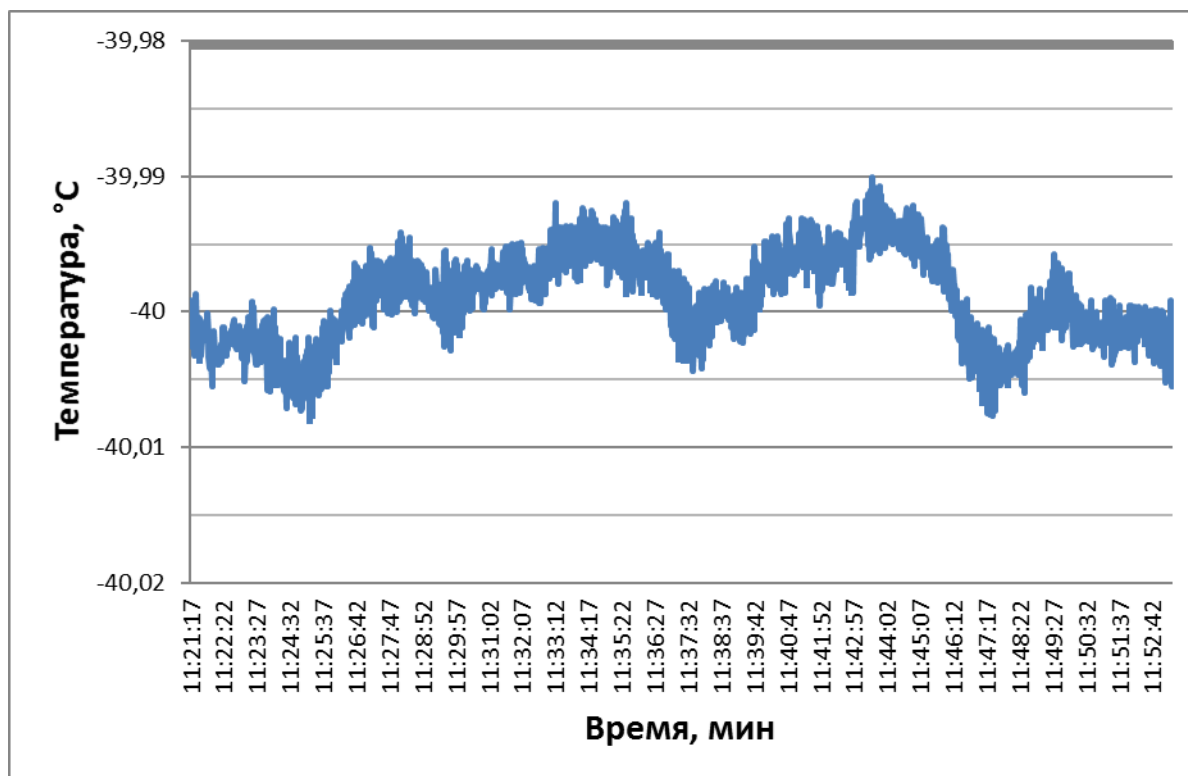


Рисунок 8 – Стабильность поддержания температуры в полости АЧТ 70/-40/80 при температурном режиме минус 40 °С

Как видно из рисунков 7, 8 нестабильность в полости не превышает значения $\pm 0,02$ °С. Характеристики АЧТ 70/-40/80 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики АЧТ 70/-40/80

Диапазон воспроизводимых температур, °С	от минус 40 до 80
Коэффициент излучательной способности	0,997
Диаметр излучающей полости (апертура), мм	70
Глубина излучающей полости, мм	270
Время выхода излучателя на стационарный режим с (20 ± 5) °С, мин., не более:	
- до 40 °С; 80 °С; минус 20 °С	35
-до минус 40 °С	90
Время перехода с одного стационарного режима на другой, мин., не более	25
Доверительная погрешность излучателя при доверительной вероятности 0,95, °С, не более	$\pm 1,0$
Дрейф температуры излучателя за 15 минут, °С, не более	$\pm 0,1$
Связь с ЭВМ	RS-232
Максимальная потребляемая мощность, кВА, не более	1,0

Таким образом, выпускаемая линейка моделей АЧТ перекрывает диапазон от 300 до 2500 °С, а новые разработки расширят диапазон и позволят обеспечить как первичную, так и периодическую поверку практически всех видов рабочих пирометров от минус 40 до 2500 °С.

Кроме того, стоит отметить, что государственное предприятие АО «НПП «Эталон» обеспечивает постоянную поддержку всей номенклатуры выпускаемых изделий, как гарантийную, так и послегарантийную.

Данное оборудование нашло широкое применение не только в центрах стандартизации и метрологии, но и в метрологических лабораториях многих промышленных предприятий.

Список используемой литературы

1. ГОСТ 8.558-09. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Государственная поверочная схема для средств измерений температуры. [Текст]. – Взамен ГОСТ 8.558-93; введ. 2012-07-01. – М.: Стандартинформ, 2012 – 22 с.
2. Росстандарт. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. [Электронный ресурс]/ Режим доступа: http://www.fundmetrology.ru/10_tipu_si/11/7list.aspx, свободный.

Самохвалов Сергей Николаевич
Инженер СКБ АО «НПП «Эталон»
Samokhvalov Sergey
Engineer of SKPB JSC «NPP Etalon»

+7(3812) 36-99-67
E-mail: fgup@omsketalon.ru
<http://www.omsketalon.ru>