

УДК 681.7.013

М.В.Казакова

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ТЕЛЕВИЗИОННОГО ПИРОМЕТРА ЭНДОСКОПИЧЕСКОГО ТИПА

Институт электронных и информационных систем НовГУ, s83906@std.novsu.ru

Calculation of the angle eyesight of the endoscope-type television pyrometer was made. Power characteristics of the apparatus were calculated. Possibility of mould of the picture of the television pyrometer was estimated.

Ключевые слова: угловое поле зрения, телевизионный пирометр эндоскопического типа

Введение

Измерение высоких температур тел ($T > 700^\circ\text{C}$) представляет интерес как для диагностики технических систем, так и для проведения научных исследований. Телевизионно-пирометрические системы представляют собой средства наблюдения и диагностики в зонах с экстремальными условиями эксплуатации [1]. Такие системы сочетают в себе функции визуального контроля за состоянием объекта исследования и дистанционного измерения температуры.

В рамках телевизионной пирометрии большой интерес представляет метод измерения температуры тел с использованием специального эндоскопа, вводимого в зону высоких температур, на доньшко которого визируется телескоп телевизионного пирометра. При помощи данной методики возможно осуществлять боковой обзор, используя в качестве отражательной структуры зеркало из тугоплавкого материала, и измерять температуру до 1500°C . Зеркало при температуре свыше 700°C начинает излучать в видимом диапазоне достаточно интенсивно, что может привести к большой погрешности измерения температуры и ухудшению качества изображения. Обычно для обеспечения нормального теплового режима пирометра использовалось жидкостное (водяное) охлаждение, что имело ряд недостатков. В телевизионном пирометре эндоскопического типа было использовано газовое охлаждение, что позволило обеспечить малую погрешность измерения температуры, малые габариты и массу, невзрывоопасность.

Целью данной работы является расчет углового поля зрения и энергетический расчет телевизионного пирометра эндоскопического типа.

Описание методики расчета

Оптическая схема телевизионного разрабатываемого пирометра приведена на рис.1. Зеркало из тугоплавкого материала, закреплено на специальном тубусе под углом 45° . Видеокамера состоит из модуля VBA-701, ЭВС (формат ФПЗС $1/3''$, диапазон рабочей освещенности 5 — 5000 Лк); объектива Юпитер-9 (фокусное расстояние 85 мм; диаметр входного, выходного отверстий 60 мм; коэффициент светопропускания 0,75). Перед объективом был помещен сине-зеленый светофильтр для фильтрации фонового освещения. На приемную часть оптической системы попадало излучение с длиной волны λ от 430 до 550 нм.

Расчеты производились при условии эксплуатации пирометра в высокотемпературной печи, источником излучения являлась видимая через входное отверстие нагретая стенка печи. Размеры излучающей

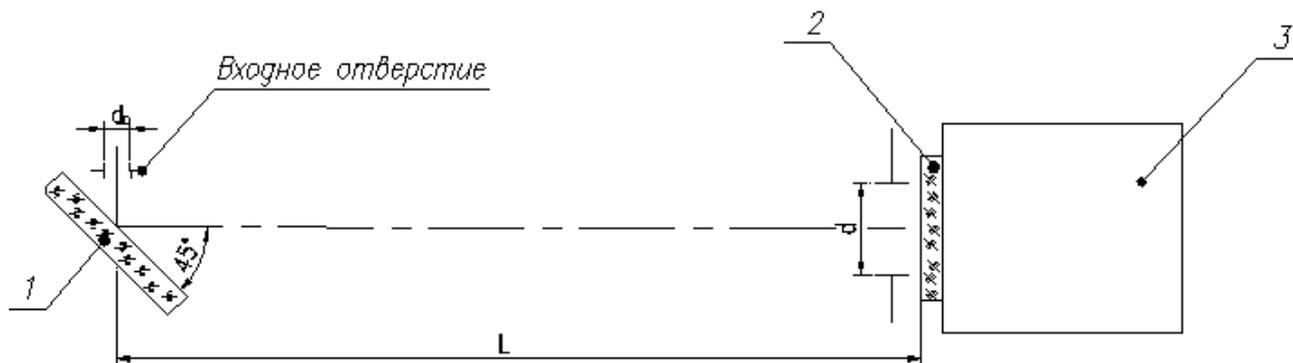


Рис.1. Оптическая схема телевизионного пирометра эндоскопического типа. 1 — зеркало; 2 — светофильтр ($\lambda = 430 \dots 550$ нм); 3 — видеокамера на основе ФПЗС-матрицы $1/3''$

площадки возможно определить, зная расстояние до стенки печи и угловое поле зрения пирометра. Входное и выходное отверстия играют роль диафрагмы и ограничивают поток излучения. Была разработана математическая модель расчета углового поля зрения, основанная на законах геометрической оптики. Принцип расчета основан на определении максимального угла отклонения от нормали к входному отверстию луча, который в результате отражения попадет на фотоприемник камеры.

Для качественной работы пирометра важно обеспечить определенные энергетические соотношения между полезным сигналом и шумом [2]. Целью расчета является определение освещенности ФПЗС-матрицы от полезного излучения $E_{\text{пол}}$ и шума $E_{\text{шум}}$, а также соотношения между ними $\mu = E_{\text{пол}} / E_{\text{шум}}$.

Заметим, что при превышении освещенности ПЗС-матрицы предела насыщения изображение получается засвеченным. В случае, когда освещенность ниже порогового значения, количество фотонов, достигающих сенсоров, становится недостаточным для формирования изображения [3].

В расчетах было учтено, что полезное излучение поглощалось и отражалось в среде распространения, в зеркале, в сине-зеленом светофильтре и в объективе. Излучение от зеркала являлось явно преобладающим над другими из составляющих шума.

Результаты расчетов и выводы

Был построен график зависимости углового поля зрения φ от входного отверстия пирометра (рис.2). Можно сделать вывод, что при увеличении диаметра входного отверстия в 2 раза угол зрения увеличивается в 1,2 раза.

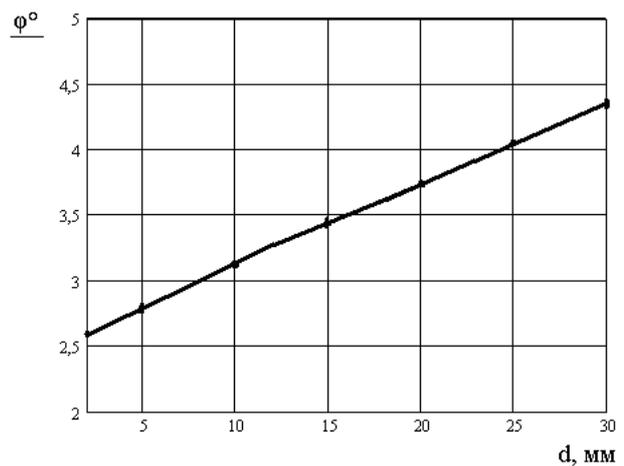


Рис.2. График зависимости углового поля зрения φ от диаметра входного отверстия d

В результате было получено, что освещенность ПЗС-матрицы от излучения полезного сигнала в 20 раз превышает пороговое значение, следовательно, фотоприемник сможет сформировать изображение. Отношение между полезным сигналом и шумом составляет 28 дБ, оно показывает, что фоновое излучение не будет влиять на четкость полученного изображения и вносить существенную погрешность в измерение температуры.

1. Карачинов В.А., Карачинов Д.В., Торицин С.Б. Зондовые методы телевизионной пирометрии газовых потоков. В.Новгород: НовГУ, 2006. 108 с.
2. Проектирование оптико-электронных приборов / Ю.Б.Парвулюсов и др.; Под ред. Ю.Г.Якушенкова. М.: Логос, 2000. 488 с.
3. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов. М.:Логос, 1999. 480 с.