

ТЕПЛОВЫЕ ЭФФЕКТЫ В БЕЗВАКУУМНЫХ ПОНДЕРОМОТОРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЯХ ИЗЛУЧЕНИЯ ОКГ

Г. П. Стародубцев, Ю. М. Надежкин,

С а р а т о в

Р. А. Валитов

М о с к в а

При конструировании пондеромоторных измерителей излучения ОКГ всегда приходится устранять влияние тепловых эффектов, обусловленных термодиффузией и конвективным движением воздуха. Для этого обычно предусматривается вакуумирование приемного элемента. Вакуумные пондеромоторные измерители чрезвычайно чувствительны к вибрациям и плохо демпфируются. Кроме того, необходимо поддержания глубокого вакуума ограничивает спектральный диапазон измерителя и создает дополнительные технологические и эксплуатационные трудности. В связи с этим интересна разработка измерителя, способного действовать при атмосферном давлении [1].

При атмосферном давлении основную погрешность прибора, обусловленную тепловыми эффектами, составляет конвективное движение воздуха. В этом случае в отличие от радиометрического эффекта тепловые эффекты, вызванные конвекцией, достигают значительной величины и без специальных мер не позволяют измерить давление излучения. Рекомендации, направленные на уменьшение тепловых эффектов при атмосферном давлении, приведены в работах [1, 2]. Согласно этим рекомендациям, приемный элемент, изготовленный из плоской, прозрачной для излучения пластины, размещается по возможности более вертикально в металлической камере, тесно охватывающей его края. Использование этих рекомендаций позволило [1, 2] впервые сконструировать безвакуумный пондеромоторный измеритель энергетических характеристик нешироких пучков видимого излучения ОКГ.

Для расширения спектрального и динамического диапазона и для увеличения апертуры пондеромоторного измерителя изучались тепловые эффекты, вызванные конвекцией, как функция

количества поглощаемой в приемном элементе мощности в зависимости от объемной камеры и параметров, определяющих нарушение симметрии движения воздуха по обе стороны приемного элемента.

Возникающие на приемном элементе силы являются интегральной характеристикой движения воздуха в камере. Учитывая это обстоятельство и используя свойства симметрии формальных решений уравнений гравитационной конвекции, можно показать, что основной вклад в погрешность измерения механического действия излучения вносит момент сил [3]

$$M = \rho g \beta V_k \theta_0 R (K_1 \alpha + K_2 b_1 l / D + K_3 b_1 t / D), \quad (1)$$

где ρ , β — плотность и коэффициент термического расширения воздуха;

g — ускорение свободного падения;

V_k — объем камеры;

θ_0 — температура приемного крыла;

R — расстояние между центром крыла и нитью, несущей маятник;

K_1, K_2, K_3 — коэффициенты, зависящие от размеров приемного элемента и камеры;

α — угол между приемным элементом и вертикалью;

D — расстояние между входными окнами;

l — смещение приемного элемента из центрального положения по направлению к входным окнам;

t — толщина приемного элемента;

b_1 — параметр, характеризующий степень нарушения симметрии температуры воздуха относительно горизонтальной плоскости σ , проходящей через центр приемного элемента.

Нарушение симметрии температуры воздуха относительно горизонтальной плоскости σ возникает при неточном попадании луча в центр крыла и за счет переноса тепла конвекцией в верхнюю часть объема камеры. При невысоких уровнях поглощаемой мощности P , когда переносом тепла конвекцией можно пренебречь (если неточность попадания Δ луча в центр камеры достаточно мала), параметр $b_1 \ll 1$. В этом случае основную погрешность прибора обуславливает первый член выражения (1), зависящий от угла α между приемным элементом и вертикалью. При этом существенный вклад в погрешность прибора может внести второй член выражения (1), если $\alpha \approx b_1 l / D$. При измерении мощности высокого уровня, когда перенос тепла конвекцией существенно нарушает симметрию распределения температуры в камере, основная погрешность измерения вызывается первым и вторым членом выражения (1). Третий член выражения (1) изменяет знак в зависимости от того, на какую сторону приемного элемента поступает излучение. Этот эффект влияет на погрешность прибора лишь при измерении интенсивного излучения, когда $b_1 \approx 1$ и $t > l$.

В работе [3] найдено, что при невысоких значениях P коэффициент K_1 равен $4 \cdot 10^{-2}$, если высота H приемного элемента много больше $D/2$ и принимает значения порядка 10^{-1} , если $H \approx D/2$. Коэффициент K_2 не превышает нескольких сотых, если корпус камеры выполнен из хорошо рассеивающего тепло металла.

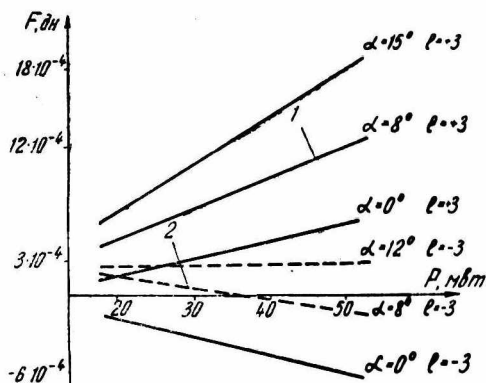


Рис. 1. Зависимость тепловых эффектов от поглощаемой мощности.

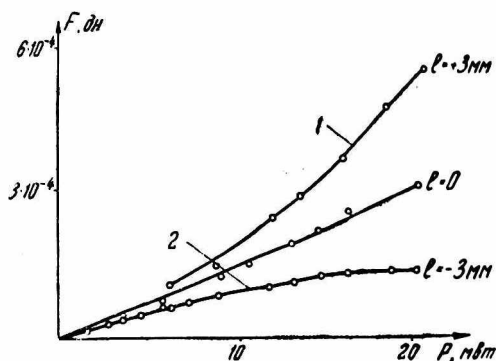


Рис. 2. Зависимость тепловых эффектов от поглощаемой мощности при $\alpha = 8^\circ$.

при $l = -3$ мм. Сплошные линии соответствуют значению $l = +3$ мм (за положительное направление l принимались смещения, соответствующие повороту крутильного маятника против часовой стрелки).

На рис. 2 даны результаты измерения силы F ($\alpha = 8^\circ$) при невысоких уровнях поглощаемой мощности (за положительное направление α принимался поворот приемного элемента, когда его верхний край смещался в сторону положительных l). Линии 1, 2 на рис. 1 являются продолжением соответствующих линий на рис. 2 в область более высоких значений P . Из рисунков видно,

корпус камеры выполнен из хорошо рассеивающего тепло металла.

Тепловые эффекты, обусловленные нарушением симметрии температуры воздуха, возникающим из-за переноса тепла конвекцией в верхнюю часть объема камеры, изучались экспериментально в работе [4]. Были проведены измерения момента сил M при различных значениях угла α и смещениях l в диапазоне поглощаемой мощности $0 - 50$ мвт. Измерения проводились для цилиндрической медной камеры, содержащей приемный элемент, расположенный вдоль ее оси. Диаметр камеры — 27 мм. Размеры приемного элемента $9 \times 9 \times 0,1$ мм. Установлено, что возникающая на приемном элементе сила F , закручивающая нить прибора, линейно зависит от угла α и смещения l . Результаты измерения приведены на рис. 1, где точки, лежащие на пунктирных линиях, измерялись

что зависимость тепловых эффектов от мощности P приобретает существенно нелинейный характер при $P \approx 20$ *мвт*, что дает представление о пределах применимости линеаризованных уравнений, которые использовались в работе [4] для вычисления коэффициента κ_1 . Измерение момента M при различных значениях радиуса цилиндрической камеры показало, что представленные на рисунках значения усилия F , зависящего от α , уменьшается с уменьшением радиуса. Усилие F , зависящее от l , возрастает при уменьшении объема камеры.

Приведенные на рисунках данные позволяют определить величину погрешности измерения давления излучения в заданном интервале значений α и l , а также в динамическом и спектральном диапазонах прибора, если известен коэффициент поглощения приемного элемента.

Полученные результаты использовались для уменьшения и определения погрешности пондеромоторного измерителя мощности непрерывного ИК излучения и измерителя энергии широких пучков излучения ОКГ. В пондеромоторном измерителе ИК-излучения использовался приемный элемент, выполненный из пластины КРС-5. Измерению разработанным измерителем мощности ИК-излучения сопутствовали тепловые эффекты, величина которых иногда оказывалась соизмеримой с давлением излучения. В подобных случаях проводили симметризацию измерителя изменением угла α и смещением l до значений, при которых тепловые эффекты достигали минимальной величины. Для оценки погрешности измерителя, вносимой тепловыми эффектами, строились графики, аналогичные приведенным на рисунках.

Установлено, что вносимая тепловыми эффектами погрешность измерителя в динамическом диапазоне не превышает нескольких процентов при $\alpha < 1^\circ$ и $l < 0,5$ *мм*.

Для уменьшения эффектов в измерителе широких пучков видимого излучения применена перестраиваемая камера с подвижными входными окнами, что позволяет выбрать оптимальную в динамическом диапазоне величину ее объема и облегчает симметрирование измерителя. По предварительным оценкам погрешность измерителя, вносимая тепловыми эффектами, не превышает двух процентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Г. Кокодий, Р. А. Валитов. «Измерительная техника», 1969, № 12.
2. Н. Г. Кокодий, Р. А. Валитов. ПТЭ, 1969, № 4.
3. Г. П. Стародубцев. «Электронная техника», серия 11, вып. 1, 1971.
4. А. А. Антоненко и др. «Электронная техника», сер. 11, вып. 2, 1971.

БИБЛИОТЕКА

Х И Р Э

Инв. № 592716