

Национальный Исследовательский Университет
«Московский Энергетический Институт»

Кафедра теоретических основ теплотехники
Лаборатория тепломассообмена

Лабораторная работа №19

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВОГО КОЭФФИЦИЕНТА ИЗЛУЧЕНИЯ
МЕТОДОМ СВЕТОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Студент: _____

Группа: _____

Преподаватель: _____

К работе допущен: _____

Работу выполнил: _____

Работу сдал: _____

1. Методическое назначение работы

- Изучение метода экспериментального определения угловых коэффициентов излучения методом светового моделирования и получение навыков в проведении экспериментального исследования.
- Практика применения расчетного соотношения для среднего коэффициента излучения для системы черных поверхностей с однородными потоками излучения.
- Освоение методики компьютерной обработки экспериментальных данных.

2. Цель эксперимента

Целью работы является экспериментальное определение «локального» углового коэффициента излучения (с излучающей поверхности на поверхность светодиода) и вычисление средних коэффициентов излучения в замкнутой системе тел. Для проведения инженерных расчетов потоков излучения требуются точные и надежные данные по угловым коэффициентам излучения в системах с черными и серыми поверхностями. Одним из способов определения угловых коэффициентов излучения является метод светового моделирования, который применяется в данной лабораторной работе

3. Методика эксперимента и опытная установка

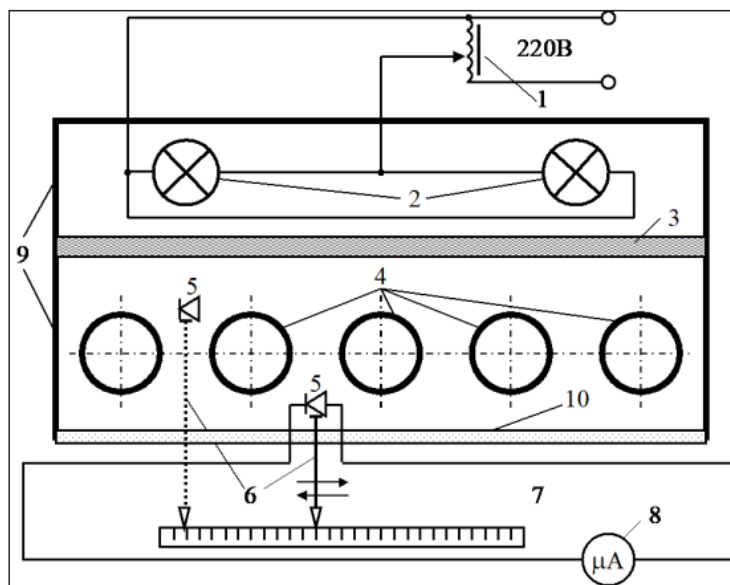


Рис. 1. Принципиальная схема опытной установки

Опытная установка представляет собой прямоугольную камеру 9, разделенную матовым светорассеивающим стеклом 3 на две части. Стекло марки МС-20 моделирует диффузно излучающую поверхность. В одной части камеры находятся электрические лампы 2, в другой - ряд параллельных труб 4, наружный диаметр которых d , а шаг между ними s . В лаборатории имеется два стенда с диаметрами труб 20 и 280мм, шагом 450мм (рис. 2). Поверхность труб покрыта материалом, полностью поглощающим световое излучение. Питание электрических ламп 2 осуществляется от сети переменного тока через автотрансформатор 1. Для регистрации светового потока служит светодиод 5, соединенный с микроамперметром 8. Светодиод закреплен на конце стержня квадратного сечения 6. Стержень имеет возможность перемещаться по направлению к излучающей поверхности и от нее, а также в плоскости, находящейся за трубами. Координатное устройство 7 служит для определения положения светодиода 5.

4. Измерительная схема

Показания микроамперметра 8 (рис.1) (I , мА) пропорциональны световому потоку Q . Светочувствительная часть светодиода имеет небольшие размеры, поэтому можно приближенно полагать, что фотодиодом измеряется локальная плотность светового потока $dQ_{1 \rightarrow dF}$ (осредненная величина по поверхности светодиода).

№ опыта	I0(x)			I13(x)																										
1	24.74	23.3	24.06	0.46	3.05	17.04	22.92	23.36	23.18	18.73	3.78	0.37	0.15	1.31	13.06	20.23	21.28	21.2	20.15	14.11	3.55	0.79	0.67	3.09	14.22	20.58	21.81	21.07	7.17	
2	27.5	26.02	26.72	0.52	3.95	19.03	25	25.74	25.25	19.68	3.11	0.22	0.13	1.54	14.59	22.78	23.92	23.89	22.47	14.27	2.82	0.85	0.84	5.48	18.09	24.3	24.91	23.15	8.04	
3	23.67	22.09	22.99	0.42	2.7	17.47	22.1	22.58	22.12	17.67	3.16	0.15	0.16	1.84	13.64	20.01	20.88	20.78	19.55	11.56	2.22	0.86	0.92	6.08	17.13	21.12	21.69	20.97	7.44	
xi				0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	

Обработка результатов измерений лабораторной работы №19 “ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВОГО КОЭФФИЦИЕНТА ИЗЛУЧЕНИЯ МЕТОДОМ СВЕТОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ”

Режим 1:

Входные данные: I13(mA), I0(mA), x(mm)

```
In[28]:= I13atModeOne = {0.46, 3.05, 17.04, 22.92, 23.36, 23.18, 18.73, 3.78, 0.37, 0.15, 1.31, 13.06,
    20.23, 21.28, 21.20, 20.15, 14.11, 3.55, 0.79, 0.67, 3.09, 14.22, 20.58, 21.81, 21.07, 7.17};
I0listAtModeOne = {24.74, 23.3, 24.06};
x = Range[0, 125, 5];
    |диапазон
x1 = First[x];
    |первый
x2 = Last[x];
    |последний
```

Среднеарифметическое значение тока фотодиода: (mA)

```
In[14]:= I0meanAtModeOne = Mean[I0listAtModeOne]
    |среднее значение
```

```
Out[14]=
24.033333
```

Средние угловые коэффициенты излучения:

x1- координата старта измерений(mm)

x2- координата конца измерений(mm)

$\varphi_{\text{Mean1to2}}$ -средний угловой коэффициент (от 1 к 2)

$\varphi_{\text{Mean1to3}}$ -средний угловой коэффициент (от 1 к 3)

$$\bar{\varphi}_{13} = \int_{F_3} d\varphi_{1 \rightarrow dF} = \frac{\int_{F_3} dQ_{1 \rightarrow dF}}{Q_1} \cong \frac{\int_{F_3} \bar{I}_{13}(x) dx}{\bar{I}_0(x_2 - x_1)}, \quad \bar{\varphi}_{12} = (1 - \bar{\varphi}_{13})$$

Интеграл в числителе находим численно:

```
In[41]:= FunctionInNumeratorIntegralAtModeOne = Interpolation[Transpose[{x, I13atModeOne}]]];
    |интерполировать |транспозиция
NumeratorAtModeOne = NIntegrate[FunctionInNumeratorIntegralAtModeOne[x], {x, 0, 125}]
    |квadrатурное интегрирование
```

```
Out[42]=
1573.0792
```

```
In[32]:=  $\varphi_{13\text{AtModeOne}} = \frac{\text{NumeratorAtModeOne}}{\text{I0meanAtModeOne} * (x2 - x1)}$ 
```

```
Out[32]=
0.52363245
```

```
In[33]:=  $\varphi_{12\text{AtModeOne}} = 1 - \varphi_{13\text{AtModeOne}}$ 
```

```
Out[33]=
0.47636755
```

Режим 2:

```
In[34]:= I13atModeTwo = {0.52, 3.95, 19.03, 25.0, 25.74, 25.25, 19.68, 3.11, 0.22, 0.13, 1.54, 14.59,
    22.78, 23.92, 23.89, 22.47, 14.27, 2.82, 0.85, 0.84, 5.48, 18.09, 24.3, 24.91, 23.15, 8.04};
I0listAtModeTwo = {27.5, 26.02, 26.72};
```

```
In[36]:= I0meanAtModeTwo = Mean[I0listAtModeTwo]
```

среднее значение

```
Out[36]=
```

26.746667

```
In[39]:= FunctionInNumeratorIntegralAtModeTwo = Interpolation[Transpose[{x, I13atModeTwo}]];
```

интерполировать транспозиция

```
NumeratorAtModeTwo = NIntegrate[FunctionInNumeratorIntegralAtModeTwo[x], {x, 0, 125}]
```

квадратурное интегрирование

```
Out[40]=
```

1757.4917

```
In[43]:=  $\varphi_{13\text{AtModeTwo}} = \frac{\text{NumeratorAtModeTwo}}{\text{I0meanAtModeTwo} * (x_2 - x_1)}$ 
```

```
Out[43]=
```

0.52567049

```
In[44]:=  $\varphi_{12\text{AtModeTwo}} = 1 - \varphi_{13\text{AtModeTwo}}$ 
```

```
Out[44]=
```

0.47432951

Режим 3:

```
In[49]:= I13atModeThree = {0.42, 2.70, 17.47, 22.10, 22.58, 22.12, 17.67, 3.16, 0.15, 0.16, 1.84, 13.64,
    20.01, 20.88, 20.78, 19.55, 11.56, 2.22, 0.86, 0.92, 6.08, 17.13, 21.12, 21.69, 20.97, 7.44};
I0listAtModeThree = {23.67, 22.09, 22.99};
I0meanAtModeThree = Mean[I0listAtModeThree]
```

среднее значение

```
Out[51]=
```

22.916667

```
In[52]:= FunctionInNumeratorIntegralAtModeThree = Interpolation[Transpose[{x, I13atModeThree}]];
```

интерполировать транспозиция

```
NumeratorAtModeThree = NIntegrate[FunctionInNumeratorIntegralAtModeThree[x], {x, 0, 125}]
```

квадратурное интегрирование

```
Out[53]=
```

1560.7896

```
In[54]:=  $\varphi_{13\text{AtModeThree}} = \frac{\text{NumeratorAtModeThree}}{\text{I0meanAtModeThree} * (x_2 - x_1)}$ 
```

```
Out[54]=
```

0.54485745

```
In[55]:=  $\varphi_{12\text{AtModeThree}} = 1 - \varphi_{13\text{AtModeThree}}$ 
```

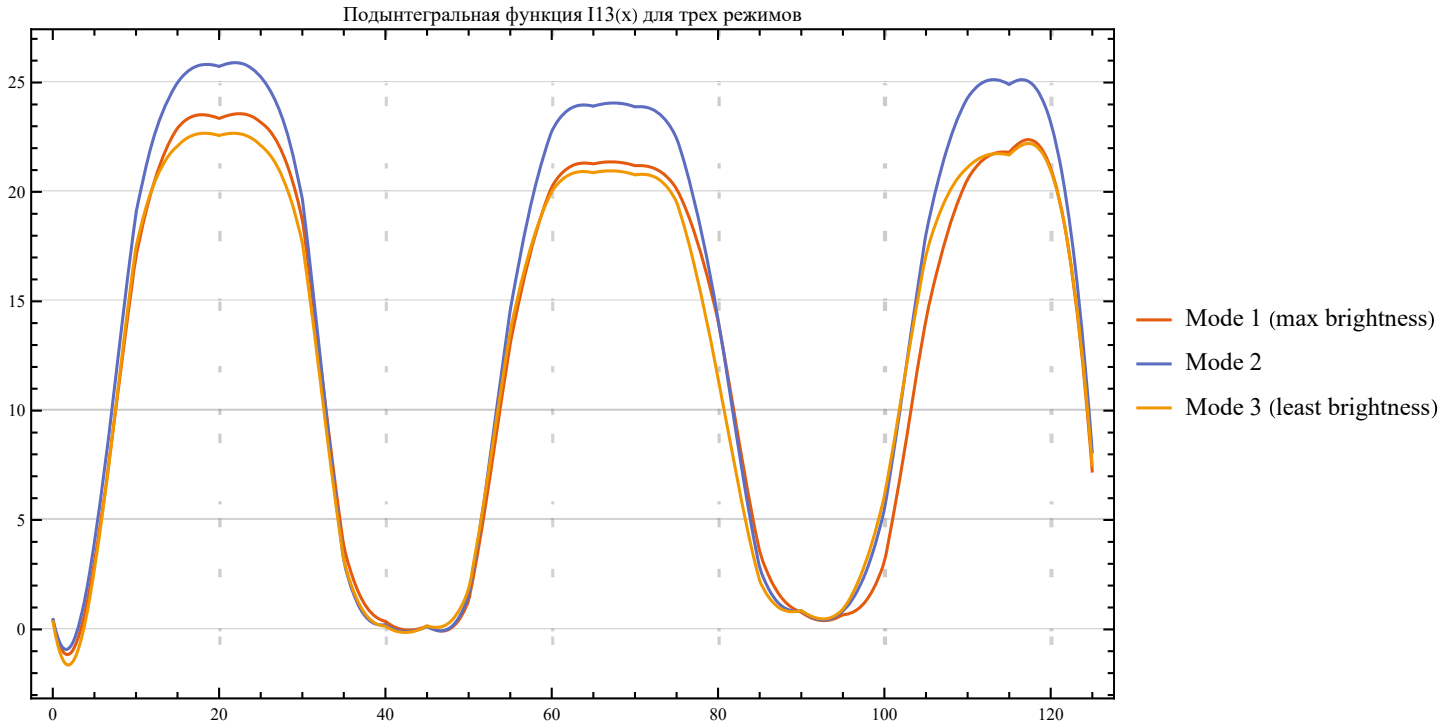
```
Out[55]=
```

0.45514255

Изобразим графики подынтегральных функций из числителя формулы φ_{13} :

```
In[61]:= Plot[{FunctionInNumeratorIntegralAtModeOne[x],
  график функции
  FunctionInNumeratorIntegralAtModeTwo[x], FunctionInNumeratorIntegralAtModeThree[x]}, {x, x1, x2},
  PlotLabel → "Подынтегральная функция I13(x) для трех режимов", PlotTheme → "Scientific",
  пометка графика
  PlotLegends → {"Mode 1 (max brightness)", "Mode 2", "Mode 3 (least brightness)"},
  легенды графика
  ImageSize → Large, GridLines → Automatic]
  размер изоб... круп... линии коорд... автоматический
```

Out[61]=



Теоретическое значение средних угловых коэффициентов излучения:

$$\bar{\varphi}_{13} = \frac{d}{s} \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{s}{d}\right)^2 - 1} - \arccos \frac{d}{s} \right], \text{ где } d - \text{наружный диаметр труб (mm), а } s - \text{шаг между трубами (mm)}$$

$$\bar{\varphi}_{12} = (1 - \bar{\varphi}_{13})$$

```
In[63]:= d = 20.; s = 45.; phi13Theoretical = d/s * (sqrt((s/d)^2 - 1) - ArcCos[d/s])
  арккосинус
```

Out[63]=

0.40236538

```
In[64]:= phi12Theoretical = 1 - phi13Theoretical
```

Out[64]=

0.59763462

Погрешности ($\delta\varphi_{13}, \delta\varphi_{12}$)

```
In[65]:= phi13ExperimentalMean = Mean[{phi13AtModeOne, phi13AtModeTwo, phi13AtModeThree}]
  среднее значение
```

Out[65]=

0.5313868

```
In[66]:= delta_phi13 = Abs[phi13Theoretical - phi13ExperimentalMean] / phi13Theoretical
```

Out[66]=

0.32065736

4 | TMO lab19.nb
In[67]:= $\varphi_{12}\text{ExperimentalMean} = \text{Mean}[\{\varphi_{12}\text{AtModeOne}, \varphi_{12}\text{AtModeTwo}, \varphi_{12}\text{AtModeThree}\}]$
[среднее значение]

Out[67]=
0.4686132

In[68]:= $\delta\varphi_{12} = \frac{\text{Abs}[\varphi_{12}\text{Theoretical} - \varphi_{12}\text{ExperimentalMean}]}{\varphi_{12}\text{Theoretical}}$

Out[68]=
0.21588679