

190061

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕКОТОРЫХ «ТЕМНЫХ» ИНФРАКРАСНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

В. В. ДИЩЕНКО, А. Ф. КУЛЯНДРА, И. М. КУЧЕРИК

Наиболее эффективное использование инфракрасных излучателей для термической обработки, разного рода материалов требует увязки спектральных характеристик излучателей с оптическими свойствами материалов. Кроме того, при расчете и конструировании различных терморadiационных устройств необходимо знать энергетические характеристики инфракрасных излучателей и создаваемые ими поля облученности.

В последнее время в технике инфракрасного нагрева находят широкое применение «темные» инфракрасные излучатели [1—3]. Ниже приводятся результаты исследования спектров излучения и полей облученности «темных» инфракрасных излучателей серии ЭТ, выпускаемых Миасским заводом электроаппаратуры и Фастовским заводом электротермического оборудования, для которых максимальная спектральная интенсивность излучения находится в интервале длин волн $\lambda_{\text{max}} = 3,51 \div 3,90$ мкм при номинальном напряжении питания. Исследования проводились Киевским технологическим институтом пищевой промышленности и Киевским государственным педагогическим институтом имени А. М. Горького.

Спектры излучения этих излучателей были исследованы с помощью инфракрасного спектрометра ИКС-12 с использованием призм LiF и NaCl. При этих исследованиях инфракрасный источник прибора (глобар) заменялся исследуемым «темным» инфракрасным излучателем. Инфракрасные излучатели помещались в специально изготовленные цилиндры, охлаждаемые водой. Конструкция этих цилиндров аналогична конструкции цилиндра глобара. С помощью специальных диафрагм выделялись средние участки поверхности излучателя, излучение с которых фокусировалось на входную щель монохроматора спектрометра.

На рис. 1 приведены распределения спектральных интенсивностей излучения I_{λ} инфракрасного излучателя серии ЭТ (500 Вт, 220 В) при номинальном и других

напряжениях питания в относительных единицах* в интервале длин волн 1,50—5,50 мкм. Максимальная спектральная интенсивность излучения при номинальном напряжении (температура поверхности трубки $t_n = 420^\circ\text{C}$) принята за единицу. Снятие спектров излучения при различных напряжениях питания, а значит и при разных температурах поверхности излучателя проводилось при постоянной ширине раскрытия щели монохроматора и при неизменных параметрах работы спектрометра. Излучение «темных» инфракрасных излучателей сильно поглощается водяными парами и углекислым газом атмосферы в интервалах длин волн примерно 2,5—3,5; 4,2—4,5; 5—8; 9—10; 13—15 мкм [5]. Неравномерность оси длин волн обусловлена нелинейностью дисперсии преломляющих призм в данном интервале длин волн.

Как видно из рис. 1, величина λ_{max} при номинальном напряжении примерно равна 3,90 мкм; при изменении напряжения питания до 140 В ($t_n = 340^\circ\text{C}$) λ_{max} смещается до 4,38 мкм.

Интегральная интенсивность излучения в интервале длин волн 1,5—5,5 мкм при напряжении питания 140 В составляет примерно 15% от той же величины при номинальном напряжении.

Были также сняты спектральные характеристики других инфракрасных излучателей серии ЭТ** (200 Вт, 220 В, $\sigma_T = 4$ Вт/см²; 400 Вт, 220 В, $\sigma_T = 4,2$ Вт/см²; 800 Вт, 220 В, $\sigma_T = 4$ Вт/см²; 900 Вт, 220 В, $\sigma_T = 3,54$ Вт/см², у которых величины удельной мощности поверхности трубки σ_T примерно равны. Величины λ_{max} при изменении напряжения питания от номинального до 120 В для этой группы источников соответственно изменяются от 3,80 до 4,55 мкм, от 3,57 до 4,45 мкм, от 3,60 до 4,54 мкм и от 3,51 до 4,17 мкм. Эффективным следует считать такой выбор источника инфракрасного излучения при термической обработке соответствующего материала, когда λ_{max} излучения источника совпадает с длиной волны, на которую приходится минимальное значение коэффициента отражения.

Измерения облученностей, создаваемых инфракрасными излучателями, проведены в условиях свободной конвекции при температуре окружающего воздуха 25°C .

Для исследования полей облученности (рис. 2), создаваемых инфракрасными излучателями, был использован балансметр М-10 [6] в совокупности с гальванометром ГСА-1. Для поддержания постоянства температуры «холодных» сплав термопары балансметра термоста-

* В статье используется терминология инфракрасного излучения по [4].

** При излучении в свободное пространство. Прим. ред.

Рис. 1. Относительные спектральные интенсивности излучения при различных напряжениях питания

1 — при 220 в, $t_{\text{п}}=420^{\circ}\text{C}$; 2 — при 200 в, $t_{\text{п}}=400^{\circ}\text{C}$; 3 — при 180 в, $t_{\text{п}}=370^{\circ}\text{C}$; 4 — при 160 в, $t_{\text{п}}=330^{\circ}\text{C}$; 5 — при 140 в, $t_{\text{п}}=310^{\circ}\text{C}$

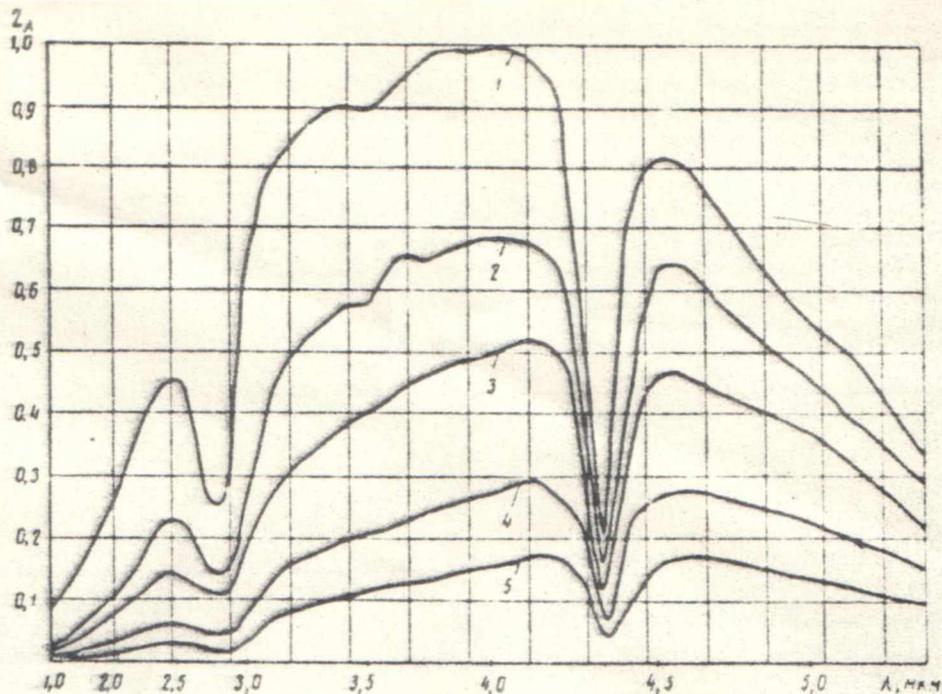
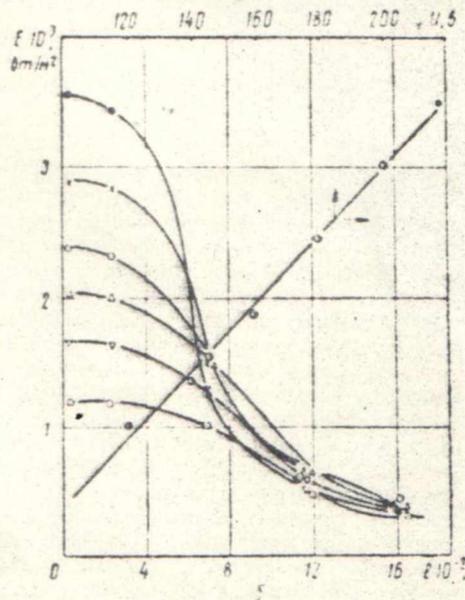
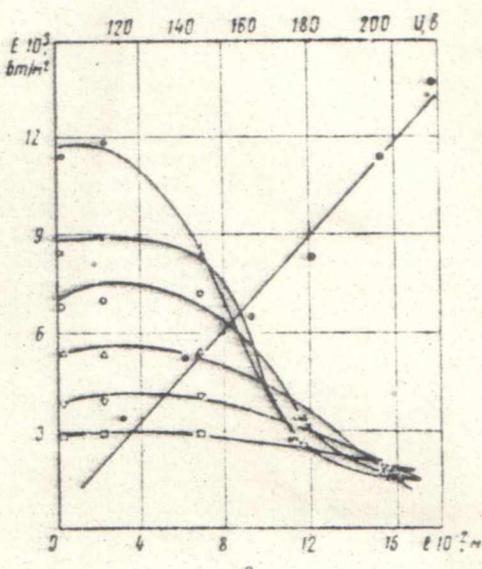


Рис. 2. Поля облученности E , создаваемые инфракрасными излучателями серии ЭТ с параметрами 900 вт, 220 в (а) и 200 вт, 220 в (б) при различных величинах h

● — при $h=0,1$ м; × — при $h=0,15$ м; ○ — при $h=0,2$ м; △ — при $h=0,25$ м; □ — при $h=0,3$ м; ⊙ — при $h=0,4$ м.



тировались проточной водой от ультратермостата. Переходной множитель балансомера определялся путем сравнения его показаний с показаниями эталонного актиомера. Инфракрасные излучатели размещались над координатной сеткой, квадраты которой равновелики с приемной площадью балансомера.

На рис. 2 а, б приведены величины средних значений облученности, создаваемой двумя излучателями и измеренной в направлениях, перпендикулярных к середине оси трубки излучателя. Как видно из рис. 2 а, б, при расстоянии от излучателя до облучаемой поверхности $h=0,1$ м и от оси симметрии до измеренной точки $l=0$ облученность, создаваемая излучателем с параметрами: 900 вт, 220 в, $t_{\text{п}}=450^{\circ}\text{C}$, общая длина 1215 мм, примерно в 3 раза больше, чем у излучателя с параметрами: 200 вт, 220 в, $t_{\text{п}}=350^{\circ}\text{C}$, общая длина 435 мм (при прочих равных условиях).

С ростом h равномерность облученности, создавае-

мой одиночными излучателями, увеличивается, а ее абсолютная величина уменьшается (например, облученность при $h=0,4$ м в 3—4 раза меньше облученности при $h=0,1$ м). Аналогичные результаты получены и для других инфракрасных излучателей (табл. 1). Облученность при $h=\text{const}$ и $l=0$, создаваемая излучателем, находится в линейной зависимости от напряжения питания (табл. 2).

Измерения показали, что облученности, создаваемые инфракрасными излучателями с рефлектором примерно в 4 раза больше облученностей, создаваемых теми же излучателями без рефлектора. Все данные, приведенные в работе, получены с использованием рефлектора от излучателя ИР-1.

Зависимость температуры поверхности трубки излучателя от напряжения питания носит линейный характер и имеет разный коэффициент пропорциональности (рис. 3). Измерение температуры проводилось хромель-

Таблица 1.

Величины облученности, создаваемые инфракрасными излучателями при номинальном напряжении питания

Параметры излучателя	h, м	E · 10 ⁴ , вт/м ² , при U, в						
		0	0,023	0,07	0,117	0,164	0,21	0,263
Длина 805 мм, t _п = 440°С, 400 вт, 220 в	0,10	16,9	17,1	9,9	3,6	2,1	1,4	1,2
	0,15	12,7	12,3	11,5	4,3	2,4	1,5	1,4
	0,20	10,3	10,5	9,9	4,1	2,4	1,8	1,4
	0,25	8,8	8,8	8,6	5,1	2,4	1,8	1,4
	0,30	7,8	7,9	7,7	5,3	2,7	1,8	1,4
	0,40	5,1	5,1	5,0	3,9	2,7	1,6	1,3
Длина 1012 мм, t _п = 420°С, 500 вт,	0,10	18,4	18,6	8,6	3,9	2,7	1,7	1,2
	0,15	14,7	14,9	10,0	3,9	2,7	1,9	1,5
	0,20	11,7	12,1	9,6	3,8	2,5	2,0	1,5
	0,25	10,5	10,0	8,3	4,2	2,5	1,9	1,5
	0,30	8,9	8,5	7,5	4,2	2,3	1,8	1,5
	0,40	6,5	6,5	6,0	4,6	2,7	1,8	1,3
Длина 1625 мм, t _п = 440°С, 800 вт,	0,10	16,0	16,5	8,8	3,3	2,0	1,3	1,0
	0,15	12,0	12,2	9,8	3,3	2,1	1,5	1,1
	0,20	10,6	10,6	9,5	3,7	2,3	1,7	1,5
	0,25	9,0	9,0	8,0	4,3	2,1	1,8	1,4
	0,30	7,4	7,3	6,7	4,3	2,2	1,6	1,4
	0,40	5,7	5,8	5,4	4,4	2,8	1,7	1,4

Таблица 2

Величины облученности, создаваемые инфракрасными излучателями при различных напряжениях

Параметры излучателя	E · 10 ⁴ , вт/м ² , при напряжении питания				
	200 в	180 в	160 в	140 в	120 в
400 вт, 220 в	8,2	6,6	5,0	3,7	2,8
500 вт, 220 в	9,9	8,3	6,5	5,0	3,7
800 вт, 220 в	8,7	7,4	5,6	3,9	3,2

алюмелевой термопарой в середине нагревательных трубок. Спай термопары помещался в отверстие глубиной 1 мм, просверленное в боковой поверхности нагревателя; для надежности теплового контакта отверстие заливалось расплавленным свинцом. Наиболее равномерность облученности достигается системой двух излучателей (500 вт, 220 в) с рефлекторами при разных расстояниях между осями трубок излучателей (рис. 4).

При измерениях в некоторых случаях применялось ограждение из полированного дюралюминия. См. рис. 4.

видно, что облученность, создаваемая излучателями в ограждении, больше облученности, создаваемой теми же излучателями без ограждения. Равномерность облученности также значительно улучшается с применением ограждения.

Обработка экспериментальных данных позволяет сделать вывод, что для создания наилучшей равномерности облученности необходимо выполнение следующего условия: расстояние от излучателей до поверхности облучения должно составлять 1,4 расстояния между осями трубок излучателей (начиная с h=0,15 м и более).

ЛИТЕРАТУРА

1. Борхерт Р., Юбиц В. Техника инфракрасного нагрева. Госэнергоиздат, 1963.
2. Миндин Г. Р. Электронагревательные трубчатые элементы. Изд-во «Энергия», 1965.
3. Гуревич В. З. Электрические инфракрасные излучатели. Госэнергоиздат, 1963.
4. Брамсон М. А. Инфракрасное излучение нагретых тел. Изд-во «Наука», 1964.
5. Хэкфорд Г. Л. Инфракрасное излучение. Изд-во «Энергия», 1964.
6. Янишевский Ю. Д. Активметрические приборы и методы наблюдения. Гидрометеоиздат, Л., 1957.
7. Лебедев П. Д. Сушка инфракрасными лучами. Госэнергоиздат, 1955.

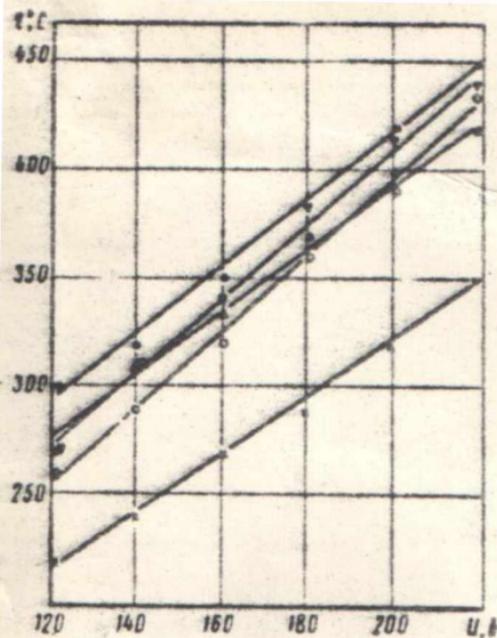
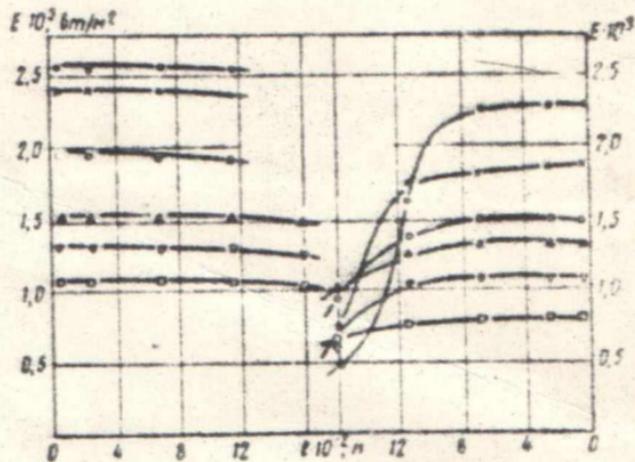


Рис. 3. Зависимость температуры t_n поверхности трубки от напряжения питания для излучателей с различными параметрами

● — 900 ст., 220 в; ○ — 800 ст., 220 в;
 △ — 500 ст., 220 в; ▽ — 400 ст., 220 в;
 × — 200 ст., 220 в

Рис. 4. Поля облученности, создаваемые системой двух излучателей (500 ст., 220 в), при номинальном напряжении питания в ограждении и без ограждения

● — при $h=0,1$ м; × — при $h=0,15$ м;
 ○ — при $h=0,2$ м; △ — при $h=0,25$ м;
 ▽ — при $h=0,3$ м; □ — при $h=0,4$ м



ОТ РЕДАКЦИИ

График относительного спектрального распределения (см. рис. 1) неудовлетворителен из-за невозможности его обработать относительно ϵ_x поверхности ТЭНа, а также из-за построения всех кривых относительно одного максимума, что значительно снижает точность результатов.

Однако ввиду того, что такая форма представления спектральной зависимости распространена в литературе и может быть использована для качественных сравнительных оценок, редакция сочла возможным опубликовать статью.