

метров (например, СО и СС для НЛВД, цветность излучения — для ЛН и т. п.) без требования получения от каждого типа ИС наилучшего сочетания всех важнейших показателей. Следует также отметить, что в многоламповой ОУ в принципе могут быть использованы не два, а более типов ИС, обеспечивающих — в совокупности — приемлемые $\Phi_{e\lambda}(\lambda)$, R_a , $T_{\text{цв}}$, η_v , τ и т. п., причем это могут быть ИС,

отличающиеся не только по $\Phi_{e\lambda}(\lambda)$, но и по мощности (в том числе и с учетом возможности использования одинаковых балластов для разных типов ИС). Кроме того, в принципе может встать задача создания ИС, использующего в одной внешней колбе две (или более) горелки различного спектрального состава, что позволит получать практически любое спектральное распределение энергии при сохранении преимуществ отдельных ИС.

07.02.90
07.06.90

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. М.: Энергоатомиздат, 1983, 472 с.
2. Piper H. A. Color properties of dual-source lighting systems-predominantly HPS//Light. Des. and Appl. 1982. Vol. 12. № 9. Р. 36—41.
3. ГОСТ 23198—78. Лампы газоразрядные. Методы измерения спектральных и цветовых характеристик.

* * *

The paper analyzes the results of colour parameter computations with respect to the radiation formed by mixing the emissions of high-pressure sodium and metal-halide lamps of various spectral composition. Changes in the colour parameters of a system with the two types of lamps in the operating conditions are estimated. Major principles to be used in designing for a combination utilization of these lamps are proposed.

УДК 628.94

К ПОСТРОЕНИЮ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЛАМП-ФАР

М. Ф. СМОЛЯНСКИЙ, инженер

Совместное предприятие «Ред Лайн Москва»

Для определения влияния погрешностей изготовления оптической системы (ОС) ламп-фар (ЛФ), таких как aberrация, был проведен ряд машинных экспериментов. Аберрация определялась значением среднеквадратичного отклонения зональных фокусов σ_f^* и рассеянной составляющей отражения-пропускания e_p , выражаемой угловым размером конуса, в который вписывается эллипсоид рассеяния, а также отклонениями геометрических размеров светящих тел d_{ct} и l_{ct} , на максимальную силу света и углы излучения. Варьировались значения длины и диаметра цилиндрического светящего тела (СТ), а также величины σ_f и e_p . Проведенные предварительные исследования показали, что указанные выше зависимости носят, как правило, нелинейный характер. Поэтому для получения адекватных аналитических выражений $I_0=f(d_{ct}, l_{ct}, \sigma_f, e_p)$ и $a_{изл}=f(d_{ct}, l_{ct}, \sigma_f, e_p)$ было решено использовать полиномы второго порядка, а функция отклика будет иметь вид:

$$\bar{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2, \quad (1)$$

* Гавриленков В. А., Сколоздра С. В., Смолянский М. Ф., Трембач В. В. Метод оценки продольной aberrации параболоидного отражателя// Светотехника. 1987. № 3. С. 2—4.

где \bar{y} — оценка функции отклика; x_i — независимые переменные эксперимента; b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} — оценки теоретических коэффициентов регрессионных зависимостей.

Переход к квадратичным уравнениям регрессии вида (1) осуществляется добавлением к точкам полного факторного эксперимента новых точек — звездных и центральных (нулевых).

В данной работе использовано центральное композиционное ротатабельное планирование второго порядка **, обеспечивающее одинаковую точность прогнозирования функции отклика во всех направлениях на одинаковом расстоянии от центра плана.

Коэффициенты квадратичной регрессии в центральных ротатабельных планах определяются по методу наименьших квадратов. Окончательные расчетные формулы для определения оценок коэффициентов регрессионных зависимостей и их ошибки приведены в **. Отличительной особенностью применяемых планов является включение в план эксперимента N_0 центральных точек (для четырехфакторного эксперимента проводится 7 опытов с нулевыми координатами).

Для построения указанных выше регрессионных зависимостей максимальной силы света и углов излучения для трех конструкций ОС ЛФ в соответствии с выбранными диапазонами изменения независимых переменных (табл. 1) проведены 3 серии экспериментов по 31 опыту в каждом. Расчеты выполнены для отражателя с фокусным расстоянием $f=22$ мм и диаметром светового отверстия 127 мм, максимальная яркость цилиндрического СТ $L=28,15$ Мкд/м². Выбор уровней и интервалов варьирования производился, исходя из экспериментальных данных об ОС ЛФ.

Таблица 1

| Независимые переменные | Диапазоны изменения величин при уровнях варьирования | | | | | Шаг варьирования |
|--|--|------|-----|------|-----|------------------|
| | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | |
| Цилиндр вдоль оптической оси: | | | | | | |
| d , мм | 0,4 | 1,4 | 2,4 | 3,4 | 4,4 | 1 |
| l , мм | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 2 |
| σ_f , мм | 0 | 0,3 | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 0,3 |
| e_p , град | 0 | 0,75 | 1,5 | 2,25 | 3 | 0,75 |
| Цилиндр поперек оптической оси, в том числе и расфокусированный: | | | | | | |
| d , мм | 0,5 | 1,2 | 1,9 | 2,6 | 3,3 | 0,7 |
| l , мм | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 10 |
| σ_f , мм | 0 | 0,3 | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 0,3 |
| e_p , град | 0 | 0,75 | 1,5 | 2,25 | 3 | 0,75 |

В результате машинных экспериментов получены значения коэффициентов регрессионных зависимостей, которые приведены в табл. 2. В качестве фактора «случайности» использовались различные имеющие место на производстве aberrационные характеристики.

Пользуясь приведенными в табл. 2 значениями коэффициентов уравнений, можно определить значение максимальной силы света и углов излучения для описанной выше ОС. Так для силы света, создаваемой ОС с цилиндрическими СТ, расположенными вдоль оптической оси, получим выражение:

$$I_0 = 319 + 35,1x_1 + 27x_2 - 11,7x_3 - 34,6x_4 + 16,02x_1x_2 - 3,33x_1x_3 - 14,13x_1x_4 + 8,26x_2x_3 + 4,4x_2x_4 + 1,02x_3x_4 - 40,45x_1^2 - 22,71x_2^2 - 8,88x_3^2 - 31,62x_4^2, \quad (2)$$

где $x_1 = (d-2,4)/1$; $x_2 = (l-6)/2$; $x_3 = (\sigma_f-0,6)/0,3$; $x_4 = (e_p-1,5)/0,75$.

Анализируя результаты машинного моделирования, можно сделать вывод о значимости и обоснованности введения величины среднеквадратичного отклонения зональных фокусов σ_f . Максимальные силы света ОС с одинаковым значением σ_f , но разными по форме aberrационны-

** Барабашук В. И., Креденцер Б. П., Мирошниченко В. И. Планирование эксперимента в технике. Киев: Техника, 1984.

Таблица 2

| Коэффициент математической модели | Значение коэффициентов регрессионных уравнений при погружении цилиндра спиральной синусоиды | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|----------|------------------|------------|------------|--|------------|------------|
| | параллельное | | перпендикулярное | | | перпендикулярное и расфокусировано на 4 мм | | |
| | I_0 | α | I_0 | α_r | α_b | I_0 | α_r | α_b |
| b_0 | 319 | 4,59 | 226 | 19,4 | 4,73 | 73,18 | 32,7 | 21,7 |
| b_1 | 35,1 | 0,973 | 45,8 | 3,61 | 0,95 | 25,01 | 4,20 | 3,88 |
| b_2 | 27,0 | 0,526 | 9,80 | 4,43 | 0,43 | 6,02 | 12,49 | 5,47 |
| b_3 | -11,7 | 0,035 | -20,7 | 0,014 | 0,32 | 0,72 | -0,84 | 0,09 |
| b_4 | -34,6 | 0,167 | -45,1 | -0,11 | 0,26 | -5,21 | -0,11 | 0,89 |
| b_{12} | 16,02 | 0,086 | 8,81 | 1,33 | 0,108 | 1,84 | 1,85 | 2,37 |
| b_{13} | -3,33 | 0,031 | 0,57 | 0,25 | -0,047 | 0,12 | 0,1 | -0,2 |
| b_{14} | 14,13 | 0,043 | 16,1 | 1,66 | 0,034 | 7,63 | 1,13 | 0,42 |
| b_{23} | 8,26 | -0,026 | -1,9 | 0,24 | 0,039 | -0,58 | -0,11 | -0,11 |
| b_{24} | 4,4 | -0,028 | 2,9 | 0,073 | -0,127 | -0,64 | -0,08 | 0,035 |
| b_{34} | 1,02 | 0,015 | 1,63 | 0,044 | 0,001 | -0,4 | -0,31 | -0,05 |
| b_{11} | -40,45 | -0,248 | -6,77 | -0,79 | -0,033 | 1,15 | -1,13 | -0,01 |
| b_{22} | -22,71 | -0,021 | -2,25 | -0,29 | -0,007 | -0,043 | 1,7 | 1,69 |
| b_{33} | -8,88 | -0,027 | 0,817 | 0,31 | 0,077 | 1,297 | -0,4 | -0,18 |
| b_{44} | -31,62 | -0,073 | 6,0 | 0,11 | -0,003 | 0,96 | -0,14 | 0,27 |

ми характеристиками отличаются друг от друга не более чем на 10 %. В то же время величина α_f сама, и в комбинации с другими факторами, оказывает существенное влияние на значение максимальной силы света.

Выводы. 1. Рассеяние оказывает очень существенное воздействие на снижение максимальной силы света, в несколько раз превышающее влияние aberrации независимо от конструкции, размеров и расположения СТ. Как следует из построенных математических моделей максимальной силы света, в случае идеальной ОС, лишенной aberrации и рассеяния, возможно увеличение максимальной силы света в среднем на 10 % за счет устранения aberrации и на 25–30 % за счет устранения рассеяния.

2. Аберрация ОС почти во всех случаях приводит к увеличению углов излучения ЛФ. Исключение составляет конструкция ОС с поперечно расфокусированным цилиндрическим ТН, расположенным перпендикулярно оптической оси, в которой aberrация приводит к уменьшению горизонтального угла излучения.

3. Рассеяние приводит к увеличению вертикального угла излучения для всех конструкций ОС. Влияние же рассеяния на горизонтальный угол излучения ОС не является однозначным для различных конструкций ОС. Так для ОС

с цилиндрическим СТ, расположенным параллельно оптической оси, угол излучения возрастает, для ОС с цилиндрическим поперечно расфокусированным СТ, расположенным перпендикулярно оптической оси, угол излучения уменьшается. В случае ОС со сфокусированным цилиндрическим СТ, расположенным перпендикулярно ОС, горизонтальный угол излучения увеличивается при уменьшении e_p от 1,5. При увеличении e_p горизонтальный угол почти не изменяется.

01.05.90

07.06.90

* * *

This is to discuss the problems associated with the construction of an analytical model for an optical sealed-beam lamp system, relating its light intensity and radiation angles with the geometrical and luminance characteristics of the luminous elements as well as with errors in the production of the optical system (aberration) and diffuse specular reflection and transmission components. The model was constructed using a planned-experiment method and second-order polynomials. The analytical results were used to estimate the effect of the design and manufacturing factors on the lighting parameters of the lamps.

УДК 628.9.621.326

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И СВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАМП НАКАЛИВАНИЯ С УГЛЕРОДНЫМ ТЕЛОМ НАКАЛА

Н. С. ВДОВИН, канд. техн. наук, А. В. МОРДЮК, инж., П. Г. ЧЕРНИКОВ, канд. физ.-мат. наук

Всесоюзный институт источников света им. А. Н. Лодыгина

Измерения эксплуатационных характеристик ранее описанных ЛН с углеродным телом накала (ТН) * показали, что световая отдача ламп вакуумного исполнения при $T_{\text{цв}}=2200$ К составила 2,5–3,5 лм/Вт. Применение стандартного аргоно-азотного (86 % — Ar, 14 % — N₂) наполнения и изменение геометрических характеристик ТН позволило получить сравнительно высокие световые характеристики ($H=3,0 \div 4,5$ лм/Вт) и достаточный срок службы (800–1200 ч).

* Вдовин Н. С., Мордюк А. В., Рогайлин М. И. О лампах накаливания с углеродным композиционным телом накала// Светотехника. 1990. № 6. С. 3–5.

Были разработаны и изготовлены лампы мощностью 60, 100, 150, 200 Вт напряжением 110 и 220 В по 30–50 штук каждого типа и измерены их электрические и световые параметры при различных значениях цветовой температуры ТН.

Измерения параметров ламп проводились по ГОСТ 17616–82 (СТ СЭВ 3180–81). «Лампы электрические. Методы измерения электрических и световых параметров». При этом геометрия ТН обусловливала в основном возможность размещения его в колбе (диаметр керна ~10–15 мм, шаг спирали ~5–8 мм, количество витков ~3–5). На основе полученных данных осуществлена аппроксимация зависимостей некоторых электрических и световых параметров ЛН с углеродным ТН методом наименьших квадратов. Для аппроксимации предлагался набор из 40 эмпирических зависимостей, в которые входили различные гиперболические, степенные, экспоненциальные, показательные функции и их всевозможные комбинации. Поскольку используемую нами геометрию ТН можно рассматривать как прямолинейное ТН, так как эффектами самооблучения и «почернения излучения» можно пренебречь, то приведенные ниже зависимости возможно распространить на любую, практически возможную геометрию углеродного ТН.

Из всех предложенных и рассматриваемых зависимостей выбирались те, для которых численные значения измеренных характеристик лампы более всего соответствовали значениям, рассчитанным теоретически по рассматри-