

ОЦЕНКА ТРЕБОВАНИЙ К ВЕЛИЧИНЕ СВЕТОВОГО ПОТОКА СВОТТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Журавок А.А., Сернов С.П.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Одной из задач, возникающих при проектировании неизображающих оптических систем светотехнического оборудования транспортных средств, является оценка необходимого светового потока для соответствия Правилам ЕЭК ООН. На начальном этапе проектирования необходимо осуществить подбор первичного источника света, которым в нашем случае является светодиод. Размеры и форма светодиода, размеры его кристалла и распределение силы света являются отправной точкой для конструирования вторичной оптики фонаря [1]. Однако при подборе светодиода необходимо ориентироваться на интегральный (суммарный) световой поток, который он может обеспечить при сохранении оптимального энергопотребления и рассеиваемого тепла. Этот световой поток должен с некоторым запасом перекрывать требования, регламентированные Правилами ЕЭК ООН на конкретный вид фонаря или фары.

Расчет интегрального светового потока производится интегрированием фотометрического тела источника света. Фотометрическое тело является наиболее полной характеристикой, описывающей распределения силы света в окружающем пространстве.

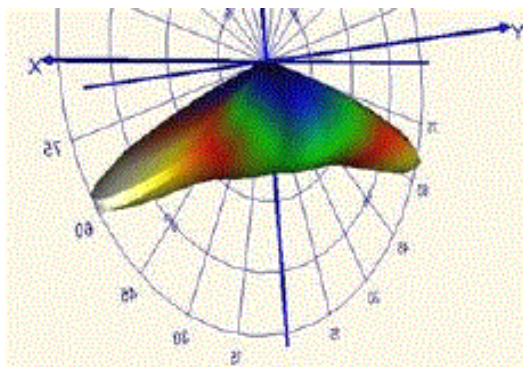


Рисунок 1 – Пример фотометрического тела

Однако Правила ЕЭК ООН не регламентируют фотометрическое тело источника света и не описывают требования к кривым силы света (КСС) в явном виде. В них описываются лишь точки, линии и зоны, в которых производятся измерения и требуемые минимальные, либо максимальные значения величины силы света. Также указываются дополнительные требования, касающиеся однородности, допустимости пятен и линий, а также условий измерения.

По этой причине вначале необходимо произвести восстановление фотометрического тела по имеющимся данным. При этом, т.к. стоит задача определения минимально достаточного светового потока, из рассмотрения можно исключить точки, линии и зоны, накладываются только ограничения максимального значения силы света.

Одной из особенностей при описании фотометрического тела по измерительной сетке является то, что точки и линии имеют менее двух измерений в пространстве и, следовательно, не вносят вклад в интегральную силу света, хотя очевидно их нельзя исключать из рассмотрения. Решение данной проблемы вытекает из самой методики измерения. При измерении величины силы света, либо освещенности в определенной точке пространства существует некоторая погрешность σ в определении угловых координат. Эта величина зависит как от погрешности измерительного прибора, так и от методики проведения измерений. Из этого следует, что реальные размеры измеряемой области пространства не должны быть менее 2σ в любом направлении. Таким образом, под точкой следует понимать зону шириной 2σ и высотой 2σ , а под линией – зону шириной 2σ .

При описанном подходе, фотометрическое тело осветительного прибора, соответствующего Правилам ЕЭК ООН может быть представлено как совокупность поверхностей $S_1, S_2 \dots S_n$, каждая из которых задана функциями $f_1(h, v), f_2(h, v) \dots f_n(h, v)$ и их областями определения $s_1, s_2 \dots s_n$. Искомый интегральный световой поток в таком случае имеет вид:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \iint_{S_i} f_i(h, v) dh dv \quad (1)$$

Учитывая, что величина силы света в пределах зоны постоянна, и равна I_i , вычисление интегрального светового потока упрощается:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n I_i \Delta h_i \Delta v_i, \quad (2)$$

где Δh и Δv – ширина и высота зоны.

Но следует помнить, что при наличии требований к равномерности распределения силы света между зонами, при расчете необходимо вводить дополнительные поверхности, которые обеспечат необходимую плавность перехода между основными зонами.

При оценке минимального необходимо интегрального светового потока также необходимо учитывать особенности конструкции разрабатываемой вторичной оптики. Часто оптические элементы имеют осесимметричную конструкцию. В этом частном случае, при оценке требуемого интегрального светового потока следует строить осесимметричное фотометрическое тело.

Переход к осесимметричному фотометрическому телу представляет собой вращение исходного тела вокруг начала координат. При этом все точки, линии и зоны трансформируются в кольца, которые могут накладываться друг на друга. Для описания этих областей необходимо определить их внутренние и внешние радиусы R_1 и R_2 . Из геометрических соображений, внутреннюю окружность кольца опишет та точка области, которая находится ближе всего к началу координат, а внешнюю окружность опишет самая дальняя от начала координат точка. Таким образом, нахождение радиусов сводится к нахождению самой близкой и самой удаленной от начала координат точки.

Зоны, имеющие форму колец, задают осесимметричное фотометрическое тело. Благодаря осевой симметрии, распределение силы света описывается единственной КСС, полученной пересечением фотометрического тела и любой плоскостью, проходящей через ось симметрии. Для ясности возьмем плоскость, проходящую через ось симметрии и координатную ось H . В этом случае КСС представляет из себя кусочно-линейную функцию $I(r)$, где r – координата на оси H .

$$I(r) = \begin{cases} I_1(r), R_{11} < r < R_{21} \\ \dots \\ I_n(r), R_{1n} < r < R_{2n} \end{cases}, \quad (3)$$

где R_{1i} и R_{2i} – границы области определения кусочной функции, которые определяются расстояниями до наиболее близкой и наиболее удаленной точек, принадлежащим i -й зоне измерительной сетки.

Как было сказано выше, кольца могут накладываться друг на друга и в области наложения возникает неоднозначность значения КСС. Каждая кольцевая зона может быть представлена в виде отдельной функции, а за значение результирующей КСС в конкретной точке, принимается максимальное из значений всех функций в данной точке.

Таким образом, интегральный световой поток для осветительного прибора, соответствующего Правилам ЕЭК ООН и имеющего осесимметричное фотометрическое тело может быть вычислен следующим образом:

$$\Phi = 2\pi \sum_{i=1}^n \int_{R_{1i}}^{R_{2i}} r I_i(r) dr. \quad (4)$$

В наиболее простом случае, когда значение функции постоянно на каждом участке и равно I_i , формула (4) преобразуется в более простой вид:

$$\Phi = \pi \sum_{i=1}^n (R_{2i}^2 - R_{1i}^2) I_i. \quad (5)$$

Рассчитанный интегральный световой поток является оценкой минимального необходимого значения на выходе прибора. Для оценки необходимых характеристик первичного источника света необходимо разделить данную величину на коэффициент эффективности вторичной оптики, который не может быть точно известен на этапе конструирования, но может быть заложен с достаточной точностью. Например, если известно, что современные неизображающие линзы имеют коэффициент эффективности 80-90%, то для обеспечения некоторого запаса можно принять коэффициент равным 0,7 [2].

Восстановление фотометрического тела, исходя из требований к осветительному прибору и дополнительных условий измерений его характеристик, является отправной точкой при анализе будущей конструкции и подборе ее компонентов и материалов. Особенно это актуально для светодиодных приборов, где необходимо оптимальное использование светового потока. Одной из ключевых задач является оценка минимально необходимого интегрального светового потока. Предложенная в статье методика позволяет решать ее с применением вычислительной техники. Методика так же применима для задач, где требования к источникам света заданы на произвольных областях нелинейными функциями.

1. Балохонов Д.В., Журавок А.А., Сернов С.П., Колонтаева Т.В. Вторичная неизображающая оптика модуля несменного источника света // Наука – образованию, производству, экономике. Материалы седьмой международной научно-технической конференции, Минск, 2009. В трех томах. Том 3./редкол.: Б.М.Хрусталева [и др.]-Минск: БНТУ, 2009.- с.20
2. А.А. Журавок, С.П. Сернов. Учет потерь светового потока при моделировании неизображающей оптики. //Материалы 4-й Международной студенческой научно-технической конференции «Новые направления развития приборостроения». Минск, БНТУ, 2011, с.201.