

4 Светотехнические величины

Пространственная плотность светового потока называется **силой света**.

При равномерном распределении светового потока в пределах телесного угла, имеющего конечные размеры, сила света в направлении оси угла

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

Единица силы света – кандела (кд).

Телесным углом (ω) называется часть пространства, заключённая внутри конической поверхности (рис. 3).

Телесный угол определяется как отношение площади F части поверхности сферы, на которую он опирается, к квадрату радиуса r этой сферы:

$$\omega = \frac{F}{r^2}$$

Единицей измерения телесного угла является стерадиан (ср).

Один стерадиан представляет собой телесный угол, вырезающий на поверхности сферы участок, площадь которого эквивалентна площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы. Поверхность сферы содержит $4\pi \approx 12,56$ стерадиан.

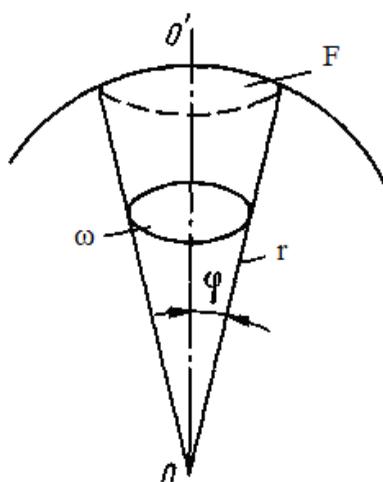


Рис. 3. Телесный угол: F – площадь части поверхности сферы; r – радиус сферы

Следовательно, кандела может быть выражена как сила света точечного источника, испускающего световой поток в 1 лм, равномерно распределенный внутри телесного угла в 1 ср.

Таким образом, можно представить $\Phi = I\omega$.

Соответственно, люмен – это световой поток, испускаемый точечным источником света силой в 1 кд внутри телесного угла, равного 1 ср.

Во многих случаях расчёта освещённость точки той или иной поверхности определяется по силе света источника, значение которой можно рассчитать по формуле

$$E = \frac{\Phi}{F} = \frac{I_{\alpha} \cos \beta}{l^2},$$

где Φ – световой поток, падающий на освещаемую поверхность, лм; F – площадь освещаемой поверхности, м²; I_{α} – сила света под углом α к нормали N к освещаемой поверхности, кд; α – угол между направлением силы света и нормалью к освещаемой поверхности, проведенной через ось симметрии источника света (рис. 4); β – угол между направлением силы света и нормалью к освещаемой поверхности в точке A ; l – расстояние от источника света до освещаемой точки на поверхности, м.

Источник света

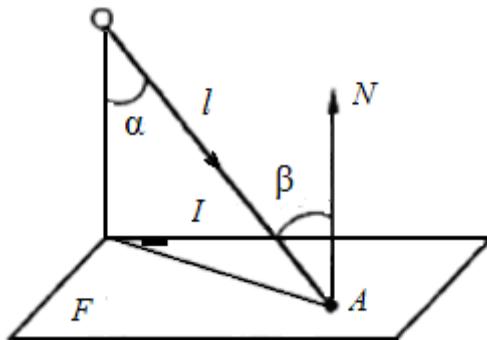


Рис. 4. Освещённость элемента поверхности

Освещённость представляет собой поверхностную плотность падающего светового потока. Как следует из формулы (1.3), для точечного источника света она прямо пропорциональна силе света и обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника света.

Освещённость поверхности не зависит от её оптических свойств (поглощение, отражение, рассеяние света) и от направления, в котором она рассматривается.

Единицей освещённости является люкс (лк). Один люкс – это освещённость, создаваемая равномерно распределённым световым потоком в 1 лм на освещаемой поверхности площадью 1 м², т. е.

$$1 \text{ лк} = 1 \text{ лм/м}^2.$$

Зрительное восприятие света глазом определяется яркостью (L). Для равномерно освещаемой поверхности яркость в любом направлении рассчитывается по формуле

$$L = \frac{I_a}{F \cos \alpha}.$$

Яркость – отношение силы света в данном направлении к площади проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению. Яркость является одним из важнейших понятий светотехники. Единицей яркости служит кандела на квадратный метр (кд/м²).

Цветопередача – это характеристика оптического излучения, при котором освещаемый объект воспринимается зрительно. Цветность излучения источника света определяется цветовой температурой (T_c), измеряемой в кельвинах (К). **Цветовая температура** – это характеристика степени зрительного комфорта, создаваемого источником света, количественная оценка цветности. Отметим, что при повышении температуры нагрева абсолютно черное тело изменяет характер излучения, которое из красного становится жёлтым, белым и, наконец, синеватым, но никогда не бывает, например, зелёным или коричневым. Поэтому не все цветности могут быть достоверно охарактеризованы цветовой температурой.

Величина T_c может не иметь ничего общего с физической температурой излучателя. Так, приписывая некоторому типу люминесцентных ламп значение $T_c = 4850$ К, а синему небосводу $T_c = 11\ 000$ К, необходимо знать, что эти излучатели подобной температуры не имеют. Чем большее значение имеет цветовая температура, тем более близок к естественному цвет излучаемого источником света.

Существуют три главные цветности света: тепло-белая ($T_c < 3300$ К), нейтрально-белая ($T_c = 3300\text{--}5000$ К) и белая дневного света ($T_c > 5000$ К). Однако источники света с одинаковой цветностью света могут по-разному передавать цвета освещаемых предметов, что объясняется отличием спектрального состава излучаемого ими света. Качество

цветопередачи выражается общим индексом (коэффициентом) цветопередачи (R_a), который показывает степень передачи цвета освещаемого объекта (максимальное значение 100). Источники света, имеющие значение $R_a = 91-100$, обладают очень хорошей цветопередачей, $R_a = 81-90$ – хорошей цветопередачей, $R_a = 51-80$ – средней цветопередачей, а уровень $R_a = 50$ и менее соответствует плохой цветопередаче. Различные спектры излучения ламп, несмотря на одинаковую цветность, вызывают различное восприятие цвета. Чем больше (выше) индекс, тем точнее к оригиналу будет передача цвета при освещении данной лампой.

Излучение газоразрядных ламп пульсирует с удвоенной частотой переменного тока, питающего осветительную установку.

Глубина пульсации оценивается коэффициентом пульсации, значение которого в процентах определяется выражением

$$K_{\text{п}} = \frac{\Phi_{\text{max}} - \Phi_{\text{min}}}{2\Phi_{\text{cp}}} \cdot 100,$$

где Φ_{max} , Φ_{min} и Φ_{cp} – соответственно максимальное, минимальное и среднее значения светового потока за период его колебаний, равный 0,02 с для частоты 50 Гц.

Глаз реагирует на изменение освещённости во времени. Глубина пульсации освещённости, регламентируемая нормами СН 2.04.03-2020, оценивается коэффициентом пульсации освещённости

$$K_{\text{п}} = \frac{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}}{2E_{\text{cp}}} \cdot 100,$$

где E_{max} , E_{min} и E_{cp} – соответственно максимальное, минимальное и среднее значения освещённости за период её колебания.

Значение коэффициента пульсации нормируется в зависимости от разряда зрительных работ и устанавливается в пределах от 10 до 20 %. При периодическом общем наблюдении за ходом производственного процесса или инженерными коммуникациями данный показатель не нормируется.

Для оценки энергоэффективности того или иного источника света пользуются понятием световой отдачи (H):

$$H = \frac{\Phi}{P},$$

где Φ – световой поток источника света, лм; P – мощность источника света, Вт.

Единицей измерения световой отдачи является светоотдача источника света мощностью 1 Вт, создающего световой поток в 1 лм (лм/Вт).