

ОСНОВЫ СВЕТОТЕХНИКИ

1. Основные светотехнические характеристики
2. Производственное освещение
3. Нормирование освещения на рабочем месте
4. Расчет искусственного освещения

Основные характеристики освещения

Видимое излучение оптического спектра –электромагнитное излучение с длиной волны 380 – 780 нм. В этом диапазоне волны определенной длины (монохроматический свет) вызывают цветное ощущение.

Освещение характеризуют следующие величины.

- **Световой поток Φ** – количество световой энергии, проходящее через площадку в единицу времени. Единицей измерения светового потока является люмен (лм). **Один люмен - это световой поток, излучаемый точечным источником с силой света 1 кандела (кд) в телесном угле в 1 стерадиан (ср).**

- **Сила света I** – пространственная плотность светового потока в направлении оси телесного угла $d\omega$

$$I = d\Phi / d\omega$$

Единицей измерения силы света является кандела (кд). **Одна кандела это сила света, испускаемая в перпендикулярном направлении с площади $1/600000 \text{ м}^2$ черного тела при температуре затвердевания платины $T = 2045 \text{ К}$ и давлении 101325 Па .**

- **Телесный угол ω** – часть пространства, заключенная внутри конической поверхности. Измеряется отношением площади S , вырезаемой им из сферы произвольного радиуса r к квадрату последнего.

$$\omega = S/r^2$$

Единицей измерения телесного угла является стерадиан (ср). **Если $S = r^2$, то $\omega = 1 \text{ ср}$.**

- **Освещенность E** – поток, падающий на бесконечно малую поверхность площадью dS или поверхностная плотность светового потока. Единица освещенности – люкс (лк). **Один лк – это освещенность 1 м^2 поверхности при падении на нее светового потока в 1 лм.**

- **Яркость L** – поверхностная плотность силы света светящейся поверхности в данном направлении или поток, проходящий через бесконечно малую площадку в пределах бесконечно малого телесного угла $d\omega$ в направлении оси этого телесного угла

$$L = dI / D_s \cdot \cos \alpha$$

где α - угол между направлениями силы света и вертикалью.

Единица яркости – кандела на квадратный метр ($\text{кд}/\text{м}^2$). **Одна $\text{кд}/\text{м}^2$ – это яркость равномерно светящейся плоской поверхности, излучающей в перпендикулярном направлении с площади $S = 1 \text{ м}^2$ силу света в 1 кд.** Яркость является величиной, непосредственно воспринимаемой глазом. При постоянстве освещенности яркость предмета тем больше, чем больше его отражательная способность, т.е. светлота.

Основные характеристики освещения (продолжение)

- **Показатель ослепленности P** – критерий слепящего действия осветительной установки, определяемый выражением:

$$P=(S-1)*100$$

где S – коэффициент ослепленности, равный отношению пороговых разностей яркости при наличии и отсутствии слепящих источников в поле зрения.

- **Коэффициент пульсации освещенности $K_{\text{п}}$, %** – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током, выражающийся формулой

$$K_{\text{п}} = (E_{\text{макс}} - E_{\text{мин}}) / 2 E_{\text{ср}} * 100\%$$

где $E_{\text{макс}}$ и $E_{\text{мин}}$ – соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк; $E_{\text{ср}}$ – среднее значение освещенности за этот же период, лк.

- **Показатель дискомфорта M** – критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения, выражающийся формулой

$$M = L_c \omega^{0,5} / \varphi_{\theta} * L_{\text{ад}}^{0,5}$$

где L_c – яркость блестящего источника, кд/м², ω – угловой размер блестящего источника, ср, φ_{θ} – индекс позиции блестящего источника относительно линии зрения, $L_{\text{ад}}$ – яркость адаптации, кд/м².

Производственное освещение

Виды производственного освещения:

- естественное
- искусственное
- совмещенное.

Естественное освещение – освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

Естественное освещение подразделяется на:

- боковое** – естественное освещение помещения через световые проемы в наружных стенах;
- верхнее** – естественное освещение помещения через фонари, световые проемы в стенах в местах перепада высот здания;
- комбинированное** (верхнее и боковое) – сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

Искусственное освещение – освещение помещения только источниками искусственного света.

Искусственное освещение подразделяется на следующие виды:

- рабочее** – освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий;
- аварийное** – разделяется на **освещение безопасности** и **эвакуационное** освещение;
- охранное** – освещение в нерабочее время;
- дежурное** – освещение в нерабочее время.

Искусственное освещение может быть двух систем:

общее освещение – освещение, при котором светильники размещают в верхней зоне помещения равномерно (**общее равномерное освещение**) или применительно к расположению оборудования (**общее локализованное освещение**);

комбинированное освещение – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное;

местное освещение – освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах. **Применение одного местного освещения производственных рабочих мест не допускается.**

Совмещенное освещение – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным

Для освещения помещений следует использовать, как правило, наиболее экономичные разрядные лампы. Использование ламп накаливания для общего освещения допускается только в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности использования разрядных ламп.

Для местного освещения кроме разрядных источников света следует использовать **лампы накаливания**, в том числе и галогенные. Применение ксеноновых ламп внутри помещений не допускается.

Классификация зрительной работы

Все **зрительные работы (ЗР)** разделяются на три основных вида.

1. **работы**, при выполнении которых не требуется использование оптических приборов. При этом объект различения может находиться как близко, так и далеко от глаз.
2. **работы**, при выполнении которых требуется использовать оптические приборы (лупы, микроскопы и т.д.), так как размер рассматриваемого объекта не может быть воспринят глазом даже при высоких уровнях яркости.
3. **работы**, связанные с восприятием информации с экрана, при которых имеются особые требования к организации производственного освещения.

Характеристиками зрительной работы являются:

размер объекта различения (при условии его удаления от глаза не более чем на 0,5 м) – наименьший размер рассматриваемого предмета, отдельной его части или дефекта, которые требуется различить в процессе работы;

контраст объекта различения с фоном (К) – определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона

Контраст объекта различения с фоном считается: **большим** – значение K более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости); **средним** – значение K находится в промежутке от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости); **малым** – значение K менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости);

светлота фона – светлота поверхности, прилегающей непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается **светлым** при $\rho > 0,4$ (ρ – коэффициент отражения поверхности); **средним** – при ρ от 0,2 до 0,4, **темным** – при $\rho < 0,2$.

В соответствии со **СНиП 23 – 05 – 95** «Естественное и искусственное освещение» все зрительные работы, выполняемые без использования оптических приборов характеризуются:

разрядом зрительной работы, который определяется в зависимости от размера объекта различения, то есть в зависимости от точности выполняемой зрительной работы;

подразрядом зрительной работы, который определяется сочетанием контраста объекта различения с фоном и светлоты фона; для большинства разрядов зрительной работы существуют по четыре подразряда: а, б, в, г; например, подразряд «а» означает, что контраст объекта различения с фоном – малый, а характеристика фона – темный.

Нормирование освещенности производственных помещений

Регламентируется минимальный допустимый уровень освещенности в зависимости от характеристик и вида выполняемой зрительной работы.

Выбор значений нормируемых параметров осуществляется в соответствии со [СНиП 23 – 05 – 95](#) «Естественное и искусственное освещение».

При искусственном освещении в соответствии со [СНиП 23 – 05 – 95](#) для каждого разряда и подразряда зрительной работы нормируются:

освещенность в лк,

показатель ослепленности P ,

коэффициент пульсации K_p , %.

Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности:

- *на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и более;
- *то же при системе общего освещения для разрядов I – V, VI;
- * на две ступени при системе общего освещения для разрядов VI и VIII.

Нормы освещенности по [СНиП 23 – 05 – 95](#) следует повышать на одну ступень шкалы освещенности в следующих случаях:

- ** при работах I – IV разрядов, если зрительная работа выполняется более половины рабочего дня;
- ** при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 150 лк и менее (работа на дисковых пилах и т.п.);
- ** при специальных повышенных санитарных требованиях на предприятиях пищевой и химико-фармацевтической промышленности), если освещенность от системы общего освещения – 500 лк и менее;
- ** при отсутствии в помещении естественного света и постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения – 750 лк и менее;
- ** при постоянном поиске объектов различения на поверхности размером 0,1 м² и более;
- ** в помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

При естественном и совмещенном освещении в соответствии со [СНиП 23 – 05 – 95](#) для каждого разряда зрительной работы в зависимости от характеристики освещения (верхнее, боковое или комбинированное) нормируется коэффициент естественной освещенности КЕО.

КЕО – это отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственно или после отражений), к одновременно измеренному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженное в процентах:

$$КЕО = E_{вн} / E_{нар} \cdot 100\%$$

В небольших помещениях при одностороннем боковом естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, а при двустороннем боковом освещении – в точке посередине помещения.

При верхнем или комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

Нормируемые значения освещенности, регламентируемые [СНиП 23-05-95](#), приводятся в точках ее минимального значения на рабочей поверхности внутри помещений для разрядных источников света, кроме специально оговоренных случаев; для наружного освещения – для любых источников света.

Расчет искусственного освещения (продолжение)

Расчет методом коэффициента использования:

1. Рассчитывают необходимый световой поток $\Phi_{л}$ (лм) от одной лампы накаливания или группы ламп светильника из люминисцентных ламп

$$\Phi_{л} = E_n S z k / N_c \alpha \zeta$$

E_n -нормируемая минимально допустимая освещенность, лк

S -площадь освещаемого помещения, м²

Z -коэффициент неравномерности освещения, зависит от типа лампы (1,15-для дуговых, 1,1 –для люминисцентных)

K -коэффициент запаса освещенности, зависит от состояния светильников ($k=1,3-1,8$)

N_c -число светильников

α - коэффициент затенения, учитывает габариты оборудования помещения

ζ -коэффициент использования светового потока ламп- определяется типом светильника, высотой его подвеса, геометрическими размерами помещения (находится из таблиц Снп П23-05-95)

2. По рассчитанному $\Phi_{л}$ выбирают (с допустимым отклонением -10 до +20%) по ГОСТ2239-79 и ГОСТ 6825-91 стандартную лампу и определяют ее мощность)

3. Умножением мощности лампы на N_c находят мощность осветительной установки

Для расчета светильника с люминисцентными лампами , задавшись типом, мощностью, и величиной светового потока лампы, определяют число светильников:

$$N_c = (E_n S z k) / N_p \Phi_{л} \alpha \zeta,$$

Где N_p -число принятых рядов светильников

Расчет искусственного освещения

При проектировании осветительной установки необходимо решить следующие основные вопросы:

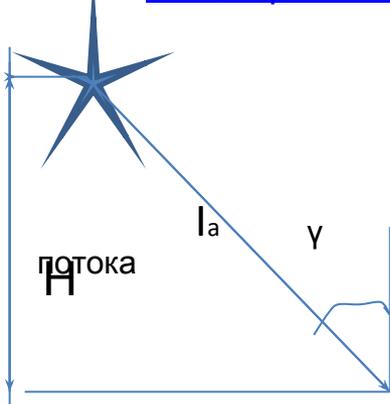
- 1) выбрать систему освещения и тип источника света,
- 2) определить тип светильников,
- 3) произвести размещение светильников,
- 4) уточнить количество светильников.

При этом следует учитывать, что освещенность любой точки внутри помещения имеет две составляющие: прямую, создаваемую непосредственно светильниками, и отраженную, которая образуется отраженным от потолка и стен световым потоком.

Исходными данными для светотехнических расчетов являются:

- нормируемое значение минимальной или средней освещенности,
- тип источника света и светильника,
- высота установки светильника,
- геометрические размеры освещаемого помещения или открытого пространства,
- коэффициенты отражения потолка, стен и расчетной поверхности помещения.

Точечный метод предназначен для нахождения освещенности в расчетной точке, он служит для расчета освещения произвольно расположенных поверхностей при любом распределении освещенности. Отраженная составляющая освещенности в этом методе учитывается приближенно. Точечным методом рассчитывается общее локализованное освещение, а также общее равномерное освещение при наличии существенных затенений.



$$E_A = I_a * \cos^2 \gamma / kH^2, \text{ где:}$$

E_A - освещенность в т. А

I_a - сила света источника

γ - угол между вертикалью и световой осью

H - высота подвеса светильника

k - коэффициент запаса освещенности