

# 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  $\Phi$**  – 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  $101325 \text{ Па}$ .**

- **Телесный угол  $\omega$**  – 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  $1 \text{ м}^2$  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  $\alpha$  - 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

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

где  $L_{\text{с}}$  – яркость блестящего источника, кд/м<sup>2</sup>,  $\omega$  – угловой размер блестящего источника, ср,  $\varphi_{\theta}$  – индекс позиции блестящего источника относительно линии зрения,  $L_{\text{ад}}$  – яркость адаптации, кд/м<sup>2</sup>.

# 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  $\rho > 0,4$  ( $\rho$  – коэффициент отражения поверхности); **средним** – при  $\rho$  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 м<sup>2</sup> 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, м<sup>2</sup>

$Z$  - 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

$\alpha$  - коэффициент затенения, учитывает габариты оборудования помещения

$\zeta$  - коэффициент использования светового потока лампы - 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 ГОСТ 2239-79 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:

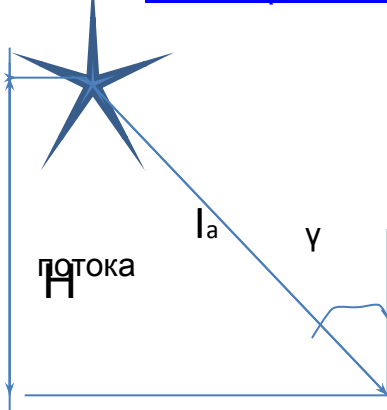
- 1) выбрать систему освещения и тип источника света,
- 2) определить тип светильников,
- 3) произвести размещение светильников,
- 4) уточнить количество светильников.

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

$\gamma$  - угол между вертикалью и световой осью

$H$  - высота подвеса светильника

$k$  - коэффициент запаса освещенности