

# Практическое занятие по теме:

## «Проектирование и расчет производственного освещения»

### СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Основные показатели производственного освещения.....	5
2. Виды производственного освещения.....	10
3. Основные требования к искусственному освещению производственных помещений.....	13
4. Электрические источники света.....	14
5. Нормирование производственного освещения.....	21
6. Методы расчета производственного освещения.....	24
7. Пример решения задачи.....	30
8. Контрольные вопросы.....	34
Список литературы.....	35
Приложения.....	36

## Введение

Свет является естественным условием жизнедеятельности человека. Он оказывает положительное влияние на эмоциональное состояние человека, воздействует на обмен веществ, сердечно - сосудистую, нервно - психическую системы, является важным стимулятором не только зрительного анализатора, но и организма в целом. Более 80 % всей информации о внешней среде поступает в мозг человека через глаза.

Видимое излучение (свет) – участок общего электромагнитного спектра, непосредственно вызывающий зрительное ощущение, состоящий из 7 основных цветов (табл.1). Видимые излучения обычно измеряют в нанометрах ( $1 \text{ нм} = 1 \times 10^{-9} \text{ м}$ ). Чувствительность глаза максимальна в зеленой области спектра при длине волны  $\lambda=554 \text{ нм}$ .

Таблица 1

Соотношение цветовой гаммы и длин волн

Цвет	Фиолетовый	Синий	Голубой	Зеленый	Желтый	Оранжевый	Красный
Длина волны (нм)	380-440	440-480	480-510	510-550	550-585	585-620	620-780

Рациональное освещение производственных помещений оказывает положительное психофизиологическое воздействие на работающих, способствует повышению производительности труда, обеспечению его безопасности, сохранению высокой работоспособности человека в процессе труда. По данным НИИ труда оптимизация производственного освещения способствует повышению производительности труда на 10 – 20%, уменьшению брака на 20 % и снижению количества несчастных случаев на 30 %.

При недостаточной освещенности и плохом качестве освещения состояние зрительных функций находится на низком исходном уровне, повышается утомление зрения в процессе выполнения работы, возрастает опасность травматизма. Установлено, что плохое освещение является причиной примерно 5 % несчастных случаев на предприятиях, а также глазных болезней, головных болей, быстрой утомляемости.

С другой стороны, существует опасность отрицательного влияния на органы зрения слишком большой яркости (блесткости) источников света. Следствием этого может явиться временное нарушение зрительных функций глаза (явление слепимости).

С целью обеспечения нормальных условий труда и защиты зрения человека в производственных помещениях должно устраиваться освещение, отвечающее требованиям соответствующих норм и правил.

### 1. Основные показатели производственного освещения

Производственное освещение характеризуется показателями:

— количественными: световой поток, сила света, освещенность, яркость, коэффициенты отражения, пропускания и поглощения, объект различения;

— качественными: фон, контраст объекта с фоном, видимость, блескость, показатель ослепленности, показатель дискомфорта, коэффициент пульсации освещенности.

Количественные характеристики производственного освещения.

Световой поток  $F$  — поток лучистой энергии, оцениваемый глазом по световому ощущению. Единицей измерения светового потока является люмен (лм) — световой поток, излучаемый точечным источником света силой в одну канделу, помещенным в вершину телесного угла в один стерадиан.

Сила света  $I$  — световой поток, отнесенный к телесному углу, и в котором он излучается:

$$I = F/\omega, \text{ кд}, \quad (1)$$

где  $\omega$  — телесный угол (в стерадианах) или часть пространства, заключенного внутри конической поверхности (рис. 1).

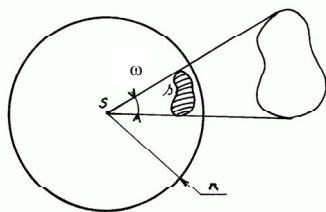


Рис. 1. Телесный угол

Телесный угол — часть пространства, которое является объединением всех лучей, выходящих из данной точки (вершины угла) и пересекающих некоторую поверхность (которая называется поверхностью, стягивающей данный телесный угол).

Телесный угол измеряется отношением площади той части сферы с центром в вершине угла, которая вырезается этим телесным углом, к квадрату радиуса сферы:

$$\omega = S/R^2, \text{ стерадиан}. \quad (2)$$

Единицей измерения силы света является кандела (кд) — сила света точечного источника, испускающего световой поток в один люмен, равномерно распределенный внутри телесного угла в один стерадиан.

Освещенность  $E$  характеризует поверхностную плотность светового потока и определяется отношением светового потока  $F$ , падающего на поверхность, к ее площади  $S$ :

$$E = F/S, \text{ лк}. \quad (3)$$

Единицей измерения освещенности является люкс (лк). Один люкс равен освещенности поверхности площадью  $1 \text{ м}^2$ , по которой равномерно распределен световой поток в один люмен ( $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм}/\text{м}^2$ ).

Например, лунный свет дает освещенность 0,25 лк; солнце сквозь облака — 10 000 лк; солнечный свет — 100 000 лк; освещение в офисе — 300-2000 лк; дорожное освещение 10-50 лк.

Основное значение для зрения имеет не прямая освещенность какой-то поверхности, а световой поток, отраженный от этой поверхности и попадающий на глазной зрачок, поэтому введено понятие яркости.

Яркостью  $L$  называется величина, равная отношению силы света, излучаемого элементом поверхности в данном направлении, к площади проекции этой поверхности на плоскость, перпендикулярную к тому же направлению:

$$L = \frac{I}{S} \times \cos \varphi, \text{ кд/м}^2, \quad (4)$$

где  $\varphi$  — угол к нормали светящейся поверхности.

Единицей измерения яркости служит кандела на квадратный метр (кд/м<sup>2</sup>). Например, яркость люминесцентной лампы 0,8 кд/м<sup>2</sup>. Яркость хорошо освещённой улицы 2 кд/м<sup>2</sup>. Полуденное солнце 150 000 кд/м<sup>2</sup>. Сила света свечи — около 1 кд/м<sup>2</sup>, а свет маяка может достигать силы 2 000 000 кд/м<sup>2</sup>.

Коэффициент отражения  $\rho$  характеризует способность поверхности отражать падающий на нее световой поток. Определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока  $F_\rho$  к падающему на нее световому потоку  $F$ .

$$\rho = \frac{F_\rho}{F}. \quad (5)$$

Коэффициент пропускания  $\tau$  определяется отношением прошедшего через поверхность светового потока  $F_\tau$  к падающему световому потоку  $F$ .

$$\tau = \frac{F_\tau}{F}. \quad (6)$$

Коэффициент поглощения  $\alpha$  определяется отношением поглощения поверхностью светового потока  $F_\alpha$  к падающему световому потоку  $F$ .

$$\alpha = \frac{F_\alpha}{F}. \quad (7)$$

Коэффициенты отражения, пропускания и поглощения являются безразмерными и измеряются в долях или процентах. Во всех случаях сохраняется условие:

$$\rho + \tau + \alpha = 1. \quad (8)$$

Объект различения — наименьший рассматриваемый предмет, который необходимо различить в процессе работы.

Качественные характеристики производственного освещения.

К основным показателям, определяющим условия зрительной работы, относятся качественные характеристики производственного освещения.

Фон — это поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Светлость фона характеризуется коэффициентом отражения  $\rho$  (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики фона

Фон		
Светлый	Средний	Темный
$\rho > 0,4$	$0,4 \geq \rho > 0,2$	$\rho < 0,2$

Контраст объекта с фоном  $K$  характеризуется отношением разности яркостей рассматриваемого объекта и фона к одной из этих яркостей (табл. 3):

$$K = (L_o - L_\phi) / L_\phi; \quad K = (\rho_o - \rho_\phi) / \rho_\phi, \quad (9)$$

где  $L_o$  и  $L_\phi$  — соответственно яркости объекта и фона;  
 $\rho_o$  и  $\rho_\phi$  — коэффициенты отражения объекта и фона.

Таблица 3

Характеристики контраста объекта различения с фоном

Контраст		
Большой	Средний	Малый
$K > 0,5$	$0,5 \geq K > 0,2$	$K < 0,2$
Объект и фон резко отличаются по яркости	Объект и фон заметно отличаются по яркости	Объект и фон мало отличаются по яркости

Когда объект имеет абсолютный контраст, то  $K = 1$ , при его отсутствии (объект сливается с фоном)  $K = 0$ . Минимальная величина  $K$ , при которой глаз воспринимает соседние детали, называется порогом контрастной ослепленности глаза. Она зависит от яркости объекта и фона, его углового размера и чёткости контура объекта на фоне.

Видимость  $V$  — расстояние, на котором наблюдаемый объект становится не различим глазом; зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции (представления).

Видимость определяется числом пороговых контрастов в контрасте объекта с фоном:

$$V = K/K_{\text{пор}} \quad (10)$$

где  $K$  — контраст объекта с фоном;

$K_{\text{пор}}$  — пороговый контраст, т.е. наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличимым.

Блескость — повышенная яркость светящихся поверхностей, вызывающая нарушение зрительных функций (ослепленность), т.е. ухудшение видимости объектов. Снижение видимости при появлении в поле зрения блестящих источников света называется ослепленностью. Ослепленность приводит к быстрому утомлению и снижению работоспособности.

Показатель ослепленности  $P$  — критерий оценки слепящего действия осветительной установки, определяется выражением

$$P = (S - 1) \times 10^3, \quad (11)$$

где  $S$  — коэффициент ослепленности, где  $S = V_1/V_2$ ;

$V_1$  и  $V_2$  — видимость объекта различения соответственно при экранировании и наличии ярких источников света в поле зрения.

Максимальное значение коэффициента ослепленности не должно превышать 4.

Показатель дискомфорта  $M$  — критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей 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

$$K_{\Pi} = \frac{E_{\text{макс}} - E_{\text{мин}}}{2 \times E_{\text{ср}}} \times 100, \% \quad (12)$$

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

Для измерения и контроля освещенности применяют люксметр, принцип действия которого основан на фотоэлектрическом эффекте. При освещении селенового фотоэлемента в цепи соединенного с ним гальванометра возникает фототок, обуславливающий отклонение стрелки микроамперметра, шкалу которого градуируют в люксах.

Для измерений силы света и яркости применяют фотометры типа ФПЧ (фотометры фотоэлектрические для измерения яркости источников света со сплошным спектром излучения. Пределы измерения от  $2 \times 10^{-2}$  до  $5 \times 10^{-4}$  кд/м<sup>2</sup>. Спектральный диапазон 400-750 нм). Измерение освещенности проводят по ГОСТ 24940—96 «Методы измерения освещенности».

## **2. Виды производственного освещения**

В соответствии с ТКП 45-2.04-153-2009 «Естественное и искусственное освещение» в зависимости от источника света различают естественное, искусственное и совмещенное освещение (сочетание естественного и искусственного).

Естественное освещение – освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. Естественное освещение производственных помещений может осуществляться через окна в боковых стенах (боковое), через верхние световые проемы, фонари (верхнее) или обоими способами одновременно (комбинированное освещение).

Достоинства: экономичность, благоприятное воздействие на организм человека, естественная цветопередача предметов.

Недостатки: переменно в течение суток, зависит от климатических, сезонных и географических условий.

Искусственное освещение создается электрическими источниками света (лампами накаливания и (или) газоразрядными лампами).

По конструктивному исполнению искусственное освещение подразделяют на общее и комбинированное (общее + местное).

Общее освещение предназначено для освещения всего помещения, осветительные устройства размещаются в верхней зоне помещения. Оно может быть равномерным или локализованным.

Общее равномерное освещение обеспечивает равномерное распределение светового потока по всему помещению без учета расположения оборудования, а общее локализованное — с учетом расположения рабочих мест путем размещения светильников ближе к рабочим поверхностям.

Комбинированное освещение состоит из общего и местного (местный светильник, например настольная лампа). Его устанавливают при работах высокой точности, а также при необходимости создания определенного или изменяемого в процессе работы направления света. Доля общего освещения в комбинированном должна быть не менее 10%.

Местное освещение предназначено для освещения только рабочих поверхностей и не создает необходимой освещенности даже на прилегающих к ним площадях. Применение только местного освещения, как стационарного, так и переносного, в производственных помещениях не допускается.

Система общего освещения должна соответствовать следующим требованиям:

- светильники должны быть оснащены антибликовыми приспособлениями (сетками, диффузорами и т.д.);
- часть света должна быть направлена на потолок и на верхнюю часть стен;
- светильники должны быть установлены вне поля зрительной видимости работника, чтобы уменьшить ослепление и сделать освещение более однородным.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное.

Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Для освещения помещений используют наиболее экономичные газоразрядные лампы. Использование ламп накаливания для общего освещения допускается только в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности использования газоразрядных ламп. Для местного освещения кроме газоразрядных источников света рекомендуется использовать лампы накаливания, в том числе галогенные.

Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное.

Освещение безопасности предназначено для освещения помещений при аварийном отключении рабочего освещения в случае взрыва, пожара, отравления людей; длительного нарушения технологического процесса, нарушения режима работы детских учреждений, нарушения работы электрических станций, узлов радио- и телевизионных передач и связи, диспетчерских пунктов, насосных установок водоснабжения, канализации и теплофикации, установок вентиляции и кондиционирования воздуха для производственных помещений, в которых недопустимо прекращение работ и т.п. Освещение безопасности должно создавать на рабочих поверхностях наименьшую освещенность в размере 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения от общего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк – для территорий предприятий. Питание светильников при этом осуществляется с помощью резервных автономных генераторов.

Эвакуационное освещение предназначено для безопасной эвакуации людей из помещений при аварийном отключении рабочего освещения в местах,

опасных для прохода людей, на лестницах, вдоль основных проходов производственных помещений, в которых работает более 50 человек. Это освещение должно обеспечивать на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц освещенность 0,5 лк (в помещениях) и 0,2 лк – на открытых территориях.

Для аварийного освещения (освещения безопасности и эвакуационного) следует применять лампы накаливания; люминесцентные лампы – в помещениях с минимальной температурой воздуха не менее 5°C при условии питания ламп во всех режимах напряжением не ниже 90 % номинального; газоразрядные лампы высокого давления при условии их мгновенного или быстрого повторного зажигания как в горячем состоянии после кратковременного отключения питающего напряжения, так и в холодном состоянии.

Охранное освещение предусматривается вдоль границ территории, охраняемых в ночное время; оно должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 лк на уровне земли.

Для охранного освещения могут использоваться любые источники света, за исключением случаев, когда охранное освещение нормально не горит и автоматически включается от действия охранной сигнализации или других технических средств. В таких случаях должны применяться лампы накаливания.

Дежурное освещение предназначено для минимального искусственного освещения при несении дежурств, охраны, в нерабочее время, совпадающее с темным временем суток. Для дежурного освещения могут использоваться любые источники света.

Кроме естественного и искусственного освещения может применяться их сочетание, когда освещенности за счет естественного света недостаточно для выполнения той или иной работы. Такое освещение называется совмещенным. Для выполнения работы наивысшей, очень высокой и высокой точности обычно естественной освещенности недостаточно и поэтому применяют совмещенное освещение.

### **3. Основные требования к искусственному освещению производственных помещений**

На промышленных предприятиях применяют общее освещение или комбинированное. Предпосылками для организации общего освещения являются следующие условия:

а) возможность выполнения работ одного зрительного разряда по всему помещению;

б) высокая плотность рабочих мест;

в) невысокая точность работ.

Предпосылками для устройства комбинированного освещения являются:

а) высокая точность работ;

б) необходимость определенного направления света;

в) невысокая плотность распределения рабочих мест в помещении.

Требования, которым должно отвечать освещение на рабочем месте:



- освещенность должна соответствовать характеру зрительной работы;
- яркость света должна быть достаточной;
- равномерное распределение светового потока по рабочей поверхности;
- источник света не должен слепить глаза;
- освещение должно быть рассеянным и не создавать глубоких теней;
- величина освещения постоянна во времени ( $K_n$  не превышает нормативных значений);
- оптимальный спектральный состав;
- все элементы осветительных установок должны быть долговечны, взрыво-, пожаро-, электробезопасны.

#### **4. Электрические источники света**

Источники света являются важнейшими составными частями осветительных установок промышленных предприятий. Правильный выбор типов и мощности ламп оказывает решающее влияние на эксплуатационные качества и экономическую эффективность осветительных установок, на соответствие искусственного освещения предъявленным к нему требованиям.

В осветительных установках, предназначенных для освещения производственных помещений и территорий предприятий, в качестве источников света применяют:

- лампы накаливания;
- газоразрядные лампы низкого давления (люминесцентные) и высокого давления.

Основные характеристики ламп:

- электрическая мощность  $W$ , Вт;
- световой поток  $F$ , лм;
- удельная световая отдача  $\eta$ ;

$$\eta = F/W, \text{ лм/Вт.} \quad (13)$$

Световая отдача показывает, с какой экономичностью потребляемая электрическая мощность преобразуется в свет.

- номинальное напряжение питающей сети  $U$ , В;
- средний срок службы  $t$ , ч.

В системах производственного освещения предпочтение отдается газоразрядным лампам. Использование ламп накаливания допускается в случае невозможности или экономической нецелесообразности применения газоразрядных ламп.

**Лампы накаливания.** Они относятся к тепловым источникам света, в которых свечение возникает путем нагревания нити накала (как правило, вольфрамовой) до высоких температур. Лампы накаливания применяются в помещениях, где проводят грубые работы или осуществляют общий надзор за работой оборудования, например, установок вентиляции и кондиционирования воздуха. Сохраняется определяющее значение ламп накаливания в светильниках местного освещения, хотя при организации местного освещения могут использо-

ваться люминесцентные лампы небольшой мощности. В системах производственного освещения применяются лампы накаливания общего назначения с номинальным напряжением 127В и 220В и лампы накаливания местного освещения с напряжением 24В и 40В.

Достоинства ламп накаливания:

- относительно низкая стоимость;
- простота в изготовлении;
- удобство и надежность в эксплуатации (не требуют включения в сеть дополнительных пусковых устройств);
- имеют незначительный период разгорания;
- компактны;
- практически не зависят от условий окружающей среды;
- световой поток к концу срока службы снижается незначительно.

Недостатки ламп накаливания:

- низкая световая отдача (не более 20 лм/Вт), а, следовательно, неэкономичность эксплуатации;
- небольшой срок службы (до 1 000 ч.);
- неблагоприятный спектральный состав (преобладание желтой и красной частей спектра при недостатке в синей и фиолетовой его частях по сравнению с естественным светом, что искажает цветовое восприятие);
- нерациональное распределение светового потока для большинства ламп, что требует применения осветительной арматуры (светильников).

Галогенные лампы накаливания (ГЛН) наряду с вольфрамовой нитью содержат в колбе пары галогена (йод, бром), который повышает температуру накала нити и практически исключает испарение. По сравнению с лампами накаливания они имеют значительно меньшие размеры, более высокие термостойкость и механическую прочность, благодаря применению кварцевой колбы, а также продолжительный срок службы (до 2 000 ч) и повышенную светоотдачу (до 22 лм/Вт). ГЛН применяются в системах общего освещения, прожекторах и т.п.

Газоразрядные лампы низкого давления. Иначе их называют люминесцентными. Люминесцентная лампа — газоразрядный источник света, световой поток которого определяется в основном свечением люминофоров под воздействием электрических зарядов, проходящих через него. Наиболее распространенной разновидностью подобных источников является ртутная люминесцентная лампа. При работе люминесцентной лампы между двумя электродами, находящимися в противоположных концах лампы, возникает электрический разряд (рис. 2). Стеклообразная трубка заполнена парами ртути под низким давлением, проходящий ток приводит к появлению ультрафиолетового излучения. Это излучение невидимо для человеческого глаза, поэтому его преобразуют в видимый свет с помощью явления люминесценции. Внутренние стенки лампы покрыты специальным веществом — люминофором, которое поглощает ультрафиолетовое излучение и выделяет видимый свет. Изменяя состав люминофора можно менять оттенок получаемого света.

В зависимости от марок люминофора различают несколько типов люминесцентных ламп (ЛЛ). Например, лампы: дневного света (ЛД); дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ); холодного белого света (ЛХБ); теплого белого света (ЛТБ); белого света (ЛБ); холодного естественного света (ЛХЕ); естественного света с улучшенной цветопередачей (ЛЕЦ); с внутренним отражающим слоем (ЛБР); естественного света (ЛЕ); компактные (КЛЛ); белого света с улучшенной цветопередачей трехполосные (ЛБЦТ) и другие.

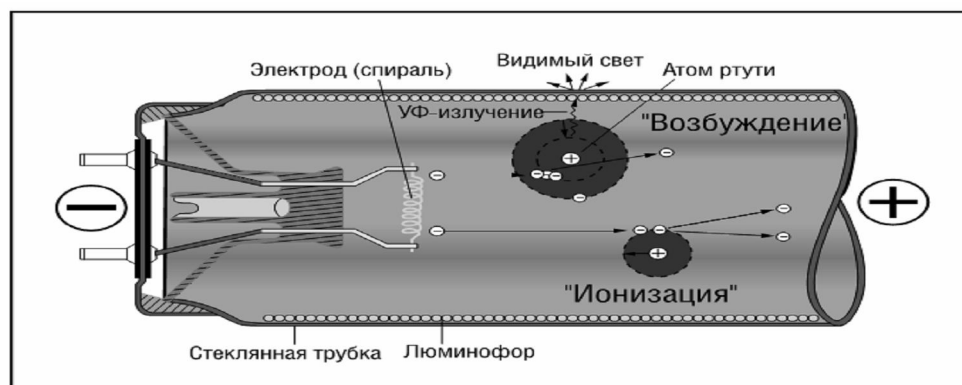


Рисунок 2. Принцип генерации света в люминесцентных лампах на примере лампы с термокатодом

Выбор типа люминесцентных ламп для освещения того или иного рабочего помещения зависит от особенностей работы и окраски помещения. Лампы ЛЕ и ЛДЦ следует применять в тех случаях, когда предъявляются специальные требования к определению цвета. Лампы ЛТБ, излучающие розоватый свет, можно применять в помещениях для отдыха. Во всех остальных случаях рекомендуются лампы типа ЛБ как наиболее экономичные, дающие более теплый свет.

Компактная люминесцентная лампа – лампа, имеющая меньшие размеры по сравнению с колбочатой лампой и меньшую чувствительность к механическим повреждениям. Разновидность компактных ламп имеет возможность установки в стандартный патрон для ламп накаливания. Основное преимущество компактных люминесцентных ламп – экономичность в компактной форме. Они позволяют снизить расходы на электричество до 80% по сравнению с лампами накаливания, причем срок службы может быть больше в 15 раз. Существуют варианты ламп со встроенным электронным пускорегулирующим аппаратом и резьбовым цоколем для прямой замены обычных ламп накаливания, применяются в профессиональных и бытовых осветительных установках.

Достоинства по сравнению с лампами накаливания:

- высокая световая отдача (до 75 лм/Вт);
- большой срок службы (до 10 000 ч);
- экономичность;
- возможность применения источника света различного спектрального состава при лучшей для большинства типов цветопередаче;
- относительно малая (хотя и создающая ослепленность) яркость;

- выделяют значительно меньше тепла.

Недостатки:

- относительная сложность схемы включения;
- ограниченная единичная мощность;
- зависимость от условий эксплуатации (при низкой температуре и большой влажности они плохо загораются и быстро выходят из строя. Для оптимальной их работы температура в помещении должна быть 18-25 °С, а влажность не более 70%).

- значительное снижение светового потока к концу срока службы;
- вредные для зрения пульсации светового потока с частотой 100 Гц (могут быть устранены или уменьшены только при совокупности действий нескольких ламп и соответствующих схемах включения).

- стробоскопический эффект, т.е. искажение зрительного восприятия в пульсирующем световом потоке (например, вращающиеся части оборудования могут восприниматься как неподвижные или движущиеся в обратном направлении), что создает травмоопасную ситуацию.

Газоразрядные лампы высокого давления. Различают дуговые ртутные люминесцентные лампы (ДРЛ), дуговые ртутные лампы с добавкой металлов (ДРИ), ксеноновые газоразрядные лампы (ДКсТ), натриевые газоразрядные лампы (ДНаТ).

Лампа ДРЛ состоит из внутренней кварцевой колбы (пропускающей ультрафиолетовые лучи), которая заполнена парами ртути под давлением 0,2...0,4 МПа, и внешней стеклянной колбы, покрытой люминофором. Лампы ДРЛ позволяют создать большие уровни освещенности без значительных затрат на электроэнергию и применимы в высоких цехах при наличии пыли, дыма и копоти в воздухе. Применяются для освещения территорий предприятий, населенных пунктов, а также производственных помещений большой высоты.

Достоинства ДРЛ по сравнению с люминесцентными лампами:

- более высокая световая отдача (до 55 лм/Вт);
- большой срок службы (10 000-15 000 ч);
- компактность;
- устойчивость к условиям внешней среды;
- меньшая чувствительность к колебаниям напряжения.

Недостатки:

- длительность разгорания при включении (до 7 мин);
- большая пульсация светового потока;
- значительное снижение светового потока к концу срока службы;
- преобладание в спектре лучей сине-зеленой части (что исключает их применение, когда объектами различения являются лица людей или окрашенные поверхности).

В тех случаях, когда нельзя использовать лампы ДРЛ применяются дуговые ртутные лампы с добавкой йодидов металлов (ДРИ), их часто называют металлогалогенными. Они являются одним из наиболее экономичных источни-

ков света общего назначения, что позволяет использовать их для освещения производственных помещений большой высоты и площади, строительных площадок, карьеров, а также других мест работы под открытым небом.

Достоинства ДРИ по сравнению с ДРЛ:

- высокая световая отдача (75-100 лм/Вт);
- лучшая цветопередача.

Недостатки:

- небольшой срок службы (2 000-5 000 ч);
- сложная система включения.

Ксеноновые газоразрядные лампы ДКсТ (дуговые ксеноновые трубчатые). Спектр излучения ксеноновых ламп почти полностью воспроизводит спектр солнечного света, что позволяет правильно воспринимать цветовые оттенки. Лампы применяются только для освещения территорий предприятия в связи с опасностью ультрафиолетового облучения работающих в помещении.

Достоинства: лампы ДКсТ выпускаются на единичные мощности от 5 до 10 кВт и имеют самый близкий к естественному свету спектральный состав. Но это их достоинство не используется, поскольку внутри зданий они не применяются.

Недостатки: большая пульсация светового потока, избыток в спектре ультрафиолетовых лучей, вызывающий необходимость создания защитных колб; малая надежность пусковых устройств и сравнительно низкая отдача светового потока (по сравнению с ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и галогенными источниками повышенной мощности).

Натриевые газоразрядные лампы ДНаТ обладают наивысшей эффективностью и удовлетворительной цветопередачей. Их применяют для освещения цехов с большой высотой, где требования к цветопередаче невысоки.

Достоинства:

- высокая световая отдача (80-150 лм/Вт);
- большой срок службы (16 000-28 000 ч);
- одна лампа ДНаТ мощностью 250 Вт заменяет по световому потоку две лампы ДРЛ 250 Вт или три лампы накаливания мощностью по 500 Вт.

Недостатки: низкая цветопередача, поэтому в первую очередь они применяются для освещения автомагистралей, туннелей, протяжённых складских помещений, растений в теплицах, архитектурной подсветки и освещения больших открытых пространств.

## **5. Нормирование и гигиеническая оценка производственного освещения**

При создании системы производственного освещения руководствуются ТКП 45-2.04-153-2009 «Естественное и искусственное освещение» (табл.1). Нормы освещенности построены на основе классификации работ по определенным количественным признакам. Производственное освещение нормируется в зависимости от:

- точности зрительной работы,
- яркости фона,
- контраста объекта и фона,
- системы освещения.

Точность зрительной работы характеризуется минимальным размером объекта различения. Объект различения – это элемент рассматриваемого объекта минимального размера, который нужно узнавать и различать. По степени точности все зрительные работы делятся на восемь разрядов. В свою очередь разряды делятся на четыре подразряда в зависимости от характеристики фона и контраста между объектом и фоном. Деление разрядов зрительных работ на подразряды дает возможность более дифференцированно выбрать освещенность для каждой зрительной работы.

Гигиеническая оценка производственного освещения заключается в измерении или расчете фактической освещенности на рабочей поверхности и сравнении ее с нормативным значением, которое указано в строительных (СНБ) или отраслевых нормах освещенности рабочих мест, в зависимости от вида работ. Рабочей считается поверхность, на которой непосредственно производится работа.

Нормирование искусственного освещения. Нормирование осуществляется непосредственно по минимальной освещенности рабочей поверхности (Е, лк), в соответствии с ТКП 45-2.04-153-2009.

Нормируемые значения освещенности в люксах, отличающиеся на одну ступень, образуют шкалу: 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000 лк.

В ряде случаев нормы освещенности необходимо повышать или понижать на одну ступень по шкале освещенности. Например, если работа связана с повышенной опасностью травматизма, размещением деталей на движущихся поверхностях, если напряженная зрительная работа производится непрерывно в течение рабочего дня или различаемые объекты расположены от глаз далее чем на 0,5 м, нормы освещенности повышают на одну ступень согласно специальной шкале освещенностей. В помещениях, где выполняются работы IV – VI разрядов, нормы освещенности следует снижать на одну ступень при кратковременном пребывании людей или при наличии оборудования, не требующего постоянного обслуживания.

Нормирование естественного освещения. Непостоянство естественного света даже в течение короткого промежутка времени вызвало необходимость нормировать естественное освещение с помощью относительного показателя – коэффициента естественной освещенности (КЕО, е).

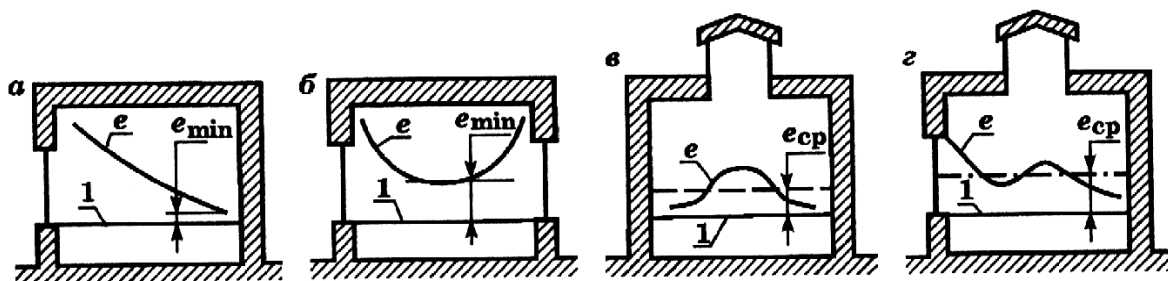
КЕО – это отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженное в процентах:

$$КЕО(е) = (E_{вн}/E_{нар}) \times 100\%, \quad (14)$$

где  $E_{\text{вн}}$  – освещенность какой-либо точки внутри помещения;

$E_{\text{нар}}$  – освещенность точки вне помещения.

В небольших помещениях при одностороннем боковом естественном освещении (рис. 3 а) нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности. При двустороннем боковом освещении (рис. 3 б) – в точке посередине помещения на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности. При верхнем или комбинированном естественном освещении (рис. 3 в, г) нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности. Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен



(перегородок) или осей колонн.

Рис. 3. Схема распределения КЕО по разрезу помещения:

а – одностороннее боковое освещение; б – двустороннее боковое освещение;

в – верхнее освещение; г – комбинированное освещение;

1 – уровень рабочей плоскости

Характерный разрез помещения – поперечный разрез посередине помещения, плоскость которого перпендикулярна к плоскости остекления световых проемов (при боковом освещении) или к продольной оси пролетов помещения. В характерный разрез помещения должны попадать участки с наибольшим количеством рабочих мест, а также точки рабочей зоны, наиболее удаленные от световых проемов.

Условная рабочая поверхность – условно принятая горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола.

Для зданий, расположенных в различных районах местности, нормированные значения КЕО или  $e_N$  определяют по формуле

$$e_N = e_H \times m_N, \quad (15)$$

где  $e_H$  – значения КЕО, приведенные в ТКП 45-2.04-153-2009;  $m_N$  – коэффициент светового климата для соответствующего номера группы районов; N – номер группы административного района стран СНГ по ресурсам светового климата. Коэффициенты  $m_N$  и N приведены в ТКП 45-2.04-153-2009.

Нормирование совмещенного освещения. Совмещенное освещение, так же как и естественное, нормируют с помощью КЕО (коэффициента естественной освещенности) в зависимости от выполняемого разряда зрительной работы и конструктивного исполнения искусственного освещения (ТКП 45-2.04-153-2009). Совмещенное освещение оценивается при отключенных источниках искусственного света.

## 6. Методы расчета производственного освещения

С целью оптимизации освещения рабочих мест, создания благоприятных условий труда, повышения работоспособности проводят инженерно-технические мероприятия по расчету и проектированию производственного освещения.

### Расчет естественного освещения

Основной задачей светотехнических расчетов при естественном освещении является определение требуемой площади световых проемов (ТКП 45-2.04-153-2009).

Предварительный расчет площади световых проемов производится:

а) при боковом освещении помещений по формуле

$$100 \times \frac{S_o}{S_n} = \frac{e_n \times K_3 \times \eta_o}{\tau_o \times r_1} \times K_{зд}; \quad (16)$$

б) при верхнем освещении по формуле:

$$100 \times \frac{S_\phi}{S_n} = \frac{e_n \times K_3 \times \eta_\phi}{\tau_o \times r_2 \times K_\phi}, \quad (17)$$

где  $S_o$  – площадь световых проемов (в свету) при боковом освещении,  $m^2$ ;

$S_n$  – площадь пола помещения,  $m^2$ ;

$e_n$  – нормированное значение КЕО, %;

$K_3$  – коэффициент запаса (прил. 5);

$\eta_o$  – световая характеристика окон (прил. 8);

$K_{зд}$  – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями (прил. 9);

$\tau_o$  – общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле

$$\tau_o = \tau_1 \times \tau_2 \times \tau_3 \times \tau_4 \times \tau_5, \quad (18)$$

где  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания материала (прил. 12);

$\tau_2$  – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема (прил. 12);

$\tau_3$  – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях (прил. 12);

$\tau_4$  – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах (прил. 10);



$\tau_5$  – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями (принимаемый равным 0,9);

$S_{\phi}$  – площадь световых проемов (в свету) при верхнем освещении, м<sup>2</sup>;

$\eta_{\phi}$  – световая характеристика фонаря или светового проема в плоскости покрытия (прил. 14, 16);

$r_1$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхности помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию (прил. 13);

$r_2$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении, благодаря свету, отраженному от поверхности помещения (прил. 11);

$K_{\phi}$  – коэффициент, учитывающий тип фонаря (прил. 15).

При недостаточной естественной освещенности выполняется проектирование и расчет искусственного освещения.

#### Методы расчета искусственного освещения

Основной задачей светотехнических расчетов при искусственном освещении является определение потребной мощности электрической осветительной установки. Наиболее известными методами, применяемыми при расчете искусственного освещения являются:

- метод коэффициента использования светового потока,
- точечный метод,
- метод удельной мощности (метод Ватт).

Метод коэффициента использования светового потока предназначен для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии затемняющего оборудования.

Порядок выполнения расчета при проектировании системы общего равномерного искусственного освещения для производственного помещения представляет собой последовательное решение следующих задач:

1. Выбор типа источника света (лампы – газоразрядные или накаливания).
2. Выбор типа светильника, исходя из характеристик помещения.
3. Определение расчетной высоты подвеса светильника  $h_{\Pi}$  в соответствии с рис. 4.
4. Определение расстояния между светильниками (рядами светильников)  $L$  по формуле:

$$L = \lambda \times h_{\Pi}, \text{ м}, \quad (20)$$

где  $\lambda$  – оптимальное отношение расстояния между светильниками  $L$  к высоте их подвеса  $h_{\Pi}$  (прил. 6).

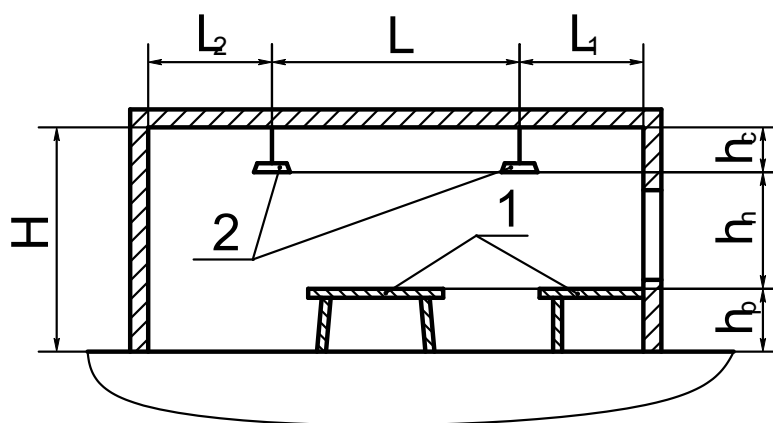


Рис. 4. Разрез помещения:

1 – рабочие поверхности; 2 – светильники

$$h_{\text{п}} = H - h_c - h_p, \text{ м} \quad (19)$$

где H – высота помещения, м;

$h_c$  – высота свеса светильника от потолка, м ( $h_c = 0 - 1,5$  м);

$h_p$  – высота освещаемой рабочей поверхности ( $h_p = 0,8$  м).

5. Размещение светильников на плане помещения. Предварительно необходимо определить расстояние от крайнего светильника (ряда светильников) до стены помещения по следующим формулам:

если рабочие места расположены у стен –

$$L_1 = (0,25 \div 0,3) \times L, \text{ м}; \quad (21)$$

если у стен расположены проходы –

$$L_2 = (0,4 \div 0,5) \times L, \text{ м}. \quad (22)$$

Оценим, сколько рядов можно разместить в помещении:

$$2 \times L_{1(2)} + L \times (n_p - 1) \leq b; \quad (23)$$

$$\text{откуда } n_p \leq (b - 2 \times L_{1(2)}) / L + 1,$$

где  $n_p$  – количество рядов в помещении;

b – ширина помещения, м.

Определим количество светильников в ряду, учитывая, что сумма расстояний от светильников до стен и длины светильников должна быть меньше длины помещения. Количество светильников рассчитаем по формуле

$$2 \times L_{1(2)} + L_{\text{св}} \times n_{\text{св}} \leq a; \quad (24)$$

$$\text{откуда } n_{\text{св}} \leq (a - 2 \times L_{1(2)}) / L_{\text{св}},$$

где  $n_{\text{св}}$  – количество светильников в ряду;

a – длина помещения, м;

$L_{\text{св}}$  – длина светильника, м.

По полученным данным на плане помещения, вычерченном в масштабе, производится окончательное уточнение расположения светильников и их количества.

6. Определение коэффициент использования светового потока  $\eta$  – в зависимости от индекса помещения, от типа светильника и коэффициентов отражения потолка  $\rho_{\text{п}}$ , стен  $\rho_{\text{с}}$  и рабочей поверхности  $\rho_{\text{р.п.}}$  (прил. 4).

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{a \times b}{h_{\text{п}} \times (a + b)}, \quad (25)$$

где  $i$  – индекс помещения;

$a$  и  $b$  – длина и ширина помещения, м.

7. Расчет светового потока лампы, необходимого для создания на рабочих поверхностях освещенности на все время эксплуатации осветительной установки. Световой поток лампы определяется по формуле:

$$F = \frac{E_{\text{мин}} \times S \times K_3 \times Z}{N \times n \times \eta}, \text{ лм} \quad (26)$$

где  $F$  – световой поток одной лампы, лм;

$E_{\text{мин}}$  – нормативная минимальная освещенность, лк;

$S$  – освещаемая площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий запыленность светильников и износ источников света в процессе эксплуатации (прил. 5);

$Z$  – коэффициент неравномерности минимальной освещенности.

$$z = E_{\text{ср}} / E_{\text{мин}}. \quad (27)$$

Рекомендуется принимать значение  $Z$  равное 1,15 для ламп накаливания и равное 1,1 для люминесцентных ламп.

$N$  – число светильников на плане помещения;

$n$  – число ламп в одном светильнике;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока (в долях), (прил. 4).

8. Выбор ближайшей стандартной лампы, по полученному в результате расчета требуемому световому потоку. Допускается отклонение  $\Delta$  светового потока лампы не более чем на (-10%) – (+20%).

Для этого выполняется проверка по формуле

$$\Delta = \frac{F_{\text{станд}} - F_{\text{рас}}}{F_{\text{рас}}}. \quad (28)$$

9. При невозможности выбора лампы с таким приближением корректируют количество светильников.

Точечный метод позволяет рассчитать освещенность конкретной точки на горизонтальной и наклонной поверхностях при общем локализованном и комбинированном освещении.

Расчет освещенности выполняют по формуле

$$E = (I \times \cos^3 \alpha) / K_3 \times h_{\text{п}}^2, \text{ лк} \quad (29)$$

где  $E$  – освещенность, лк;

$I$  – сила света в направлении от источника на данную точку рабочей поверхности, кд;

$\alpha$  – угол между нормалью к рабочей поверхности и направлением светового потока на источник, °;

$h_{\text{п}}$  – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м;

$K_3$  – коэффициент запаса.

Метод удельной мощности (метод Ватт). Наиболее простой метод для приближенного расчета искусственного освещения. Этот метод основан на определении по светотехническим справочникам удельной мощности осветительной установки в зависимости от заданных параметров установки и числа светильников. Требуемая мощность лампы подсчитывается по выражению

$$P_{\text{л}} = \frac{P_{\text{уд}} \times S}{N}, \quad (30)$$

где  $P_{\text{л}}$  – мощность одной лампы, Вт;

$P_{\text{уд}}$  – удельная мощность, Вт/м<sup>2</sup>;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$N$  – число светильников.

## 7. Пример решения задачи

Задание.

Рассчитать общее равномерное искусственное освещение для производственного помещения. Длина помещения 11 м, ширина – 5,5 м, высота – 3 м. В помещении проводятся работы высокой точности разряда IIIa. Содержание в воздушной среде рабочей зоны пыли, дыма и копоти составляет менее 1 мг/м<sup>3</sup> (нормальные воздушные условия). Коэффициенты отражения от потолка – 50%; от стен – 30%, от рабочей поверхности – 10%.

Решение.

Для помещения с нормальными воздушными условиями выберем светильник типа ЛПО46 (приложение 3). Длина светильника 1235 мм.

Определим расчетную высоту подвеса светильника  $h_{\text{п}}$  в соответствии с рисунком

$$h_{\text{п}} = 3 - 0 - 0,8 = 2,2 \text{ м.}$$

Рассчитаем расстояния между рядами  $L$ , расстояния от стен до крайних рядов  $L_1$  (если у стен рабочие места),  $L_2$  (если у стен проходы).

$$L = 1,6 \times 2,2 = 3,52 \text{ м;}$$

$$L_1 = 0,25 \times 3,52 = 0,88 \text{ м;}$$

$$L_2 = 0,4 \times 3,52 = 1,408 \text{ м.}$$

Оценим, сколько рядов можно разместить в помещении шириной 5,5 метров.

$$n_{\text{р}} \leq (5,5 - 2 \times 0,88) / 3,52 + 1 \leq 2,06 \text{ м.}$$

Таким образом, светильники располагаем в два ряда, рабочие места у стен.

Определим количество светильников в ряду.

$$n_{\text{св}} \leq (11 - 2 \times 0,88) - 1,235 \leq 8,005 \text{ м.}$$

Таким образом, в одном ряду можно разместить 8 светильников.

Индекс помещения равен:

$$i = \frac{11 \times 5,5}{2,2 \times (11 + 5,5)} = 1,66.$$

Коэффициент использования светового потока  $\eta$  равен 51 % (прил. 4).

Рассчитаем световой поток лампы. Для этого определим нормируемую минимальную освещенность по приложению 1. Согласно характеристике выполняемых работ в помещении  $E_{\text{мин}}$  равно 400 лк.

$$F = \frac{400 \times 11 \times 5,5 \times 1,5 \times 1,1}{2 \times 16 \times 0,51} = 2446,69 \text{ лм.}$$

По полученному в результате расчета требуемому световому потоку выбираем ближайшую стандартную лампу. Из приложения 2 выбираем лампу ЛХБ мощностью 36 Вт, длиной 1213,6 мм и световым потоком 2700 лм. Допускается отклонение  $\Delta$  светового потока лампы не более чем на (-10%) – (+20%). Для этого выполняется проверка по формуле (30).

$$\Delta = \frac{2700 - 2446,69}{2446,69} = 0,103.$$

Таким образом, отклонение составило 10,3 %, что является допустимым.

Значит, в помещении размерами 11 метров длиной и шириной 5,5 метра можно разместить два ряда светильников по восемь светильников в ряду. Тип светильника ЛПО46 длиной 1,235 метра, люминесцентная лампа к нему ЛХБ 36-7 световым потоком 2700 лм, длиной 1,213 метра. С условием, рабочие места расположены у стен.

Покажем размещение светильников на плане помещения рис. 5.

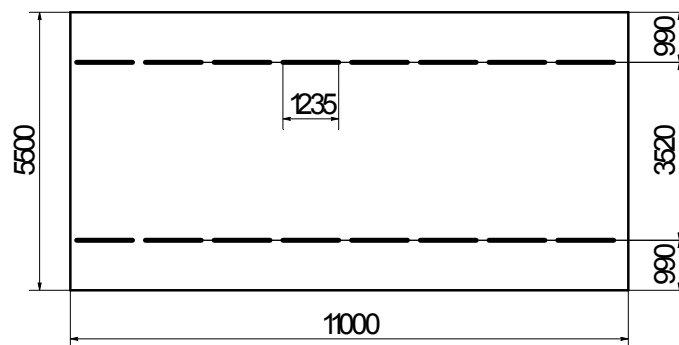


Рис. 5. Размещение светильников на плане помещения.

## Контрольные вопросы

1. Перечислите виды производственного освещения?
2. Дайте сравнительную оценку различных видов освещения (преимущества и недостатки).
3. Какими показателями характеризуется производственное освещение?
4. Назовите системы естественного освещения по конструктивному исполнению.
5. Назовите системы искусственного освещения по конструктивному исполнению и функциональному назначению.
6. Какие виды освещения в зависимости от источников света применяются на производстве?
7. Какие виды искусственного освещения применяются на практике?
8. При каких работах применяется комбинированное искусственное освещение?
9. Какие источники искусственного освещения более предпочтительны: лампы накаливания или газоразрядные лампы? Почему?
10. Основные недостатки газоразрядных ламп низкого давления (люминесцентных).
11. Какой величиной нормируется естественное освещение?
12. Какими количественными характеристиками оценивается естественное освещение?
13. Какими количественными характеристиками оценивается искусственное освещение?
14. Какими количественными характеристиками оценивается совмещенное освещение?
15. Как рассчитывается коэффициент естественной освещенности в производственном помещении с односторонним боковым освещением?
16. К чему сводится проектирование и расчет естественного освещения в производственных помещениях?
17. Какие исходные данные необходимы для определения нормированных значений коэффициента естественной освещенности (К.Е.О.) при естественном производственном освещении?
18. К чему сводится расчет искусственного освещения при системах общего или комбинированного (общее + местное) освещения?
19. Какие методы применяются для расчета необходимого светового потока для обеспечения требуемой освещенности ( $E_n$ , лк) на рабочих местах?
20. Что характеризует коэффициент запаса?
21. От чего зависит коэффициент использования светового потока?

### Список литературы

1. Кнорринг Г.М. Осветительные установки. – Л.: Энергоиздат. Ленинград. отд-ние, 1981.
2. Кнорринг Г.М. Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения. – Л., «Энергия», 1973.
3. Куценко Г.Ф. Охрана труда в электроэнергетике: практ. пособие. – Мн.: Дизайн ПРО, 2005.
4. Михнюк Т.Ф. Охрана труда. Учебное пособие для вузов. – Мн.: Вышэйшая школа, 2004.
5. ТКП 45-2.04-153-2009. Естественное и искусственное освещение.
6. Сокол Т.С. Охрана труда: учебное пособие. – Мн. «Дизайн ПРО», 2006.

**Нормы проектирования естественного и искусственного освещения ТКП 45-2.04-153-2009**

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации		КЕО, е <sub>н</sub> , %			
						при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения			Р	К <sub>п</sub> , %	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
						всего	в том числе от общего							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	a	Малый	Темный	5000 4500	500 500	– –	20 10	10 10	–	–	6,0	2,0
			б	Малый Средний	Средний Темный	4000 3500	400 400	1250 1000	20 10	10 10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500 2000	300 200	750 600	20 10	10 10				
			г	Средний Большой “	Светлый “ Средний	1500 1250	200 200	400 300	20 10	10 10				
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	a	Малый	Темный	4000 3500	400 400	– –	20 10	10 10	–	–	4,2	1,5
			б	Малый Средний	Средний Темный	3000 2500	300 300	750 600	20 10	10 10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000 1500	200 200	500 400	20 10	10 10				
			г	Средний Большой “	Светлый “ Средний	1000 750	200 200	300 200	20 10	10 10				



Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	a	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	-	-	3,0	1,2
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 600	200 200	300 200	40 20	15 15				
			г	Средний Большой “	Светлый “ Средний	400	200	200	40	15				
Средней точности	Свыше 0,5 до 1,0	IV	a	Малый	Темный	750	200	300	40	20	4	1,5	2,4	0,9
			б	Малый Средний	Средний Темный	500	200	200	40	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	200	40	20				
			г	Средний Большой “	Светлый “ Средний	-	-	200	40	20				
Малой Точности	Свыше 1 до 5	V	a	Малый	Темный	400	200	300	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	Малый Средний	Средний Темный	-	-	200	40	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	-	-	200	40	20				
			г	Средний Большой “	Светлый “ Средний	-	-	200	40	20				
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6	

## Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		То же		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса постоянное периодическое при постоянном пребывании людей в помещении периодическое при периодическом пребывании людей в помещении Общее наблюдение за инженерными коммуникациями		VIII	а	“		–	–	200	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном		–	–	75	–	–	1	0,3	0,7	0,2
			в	То же		–	–	50	–	–	0,7	0,2	0,5	0,2
			г	“		–	–	20	–	–	0,3	0,1	0,2	0,1

Приложение 2

Технические данные люминесцентных ламп  
(согласно ГОСТ 6825-91)

Тип лампы	Световой поток, лм	Длина лампы, мм
ЛД 36-7	2300	1213,6
ЛХБ 36-7	2700	
ЛБ 36-7	2800	
ЛТБ 36-7	2800	
ЛД 40-7	2300	1213,6
ЛХБ 40-7	2700	
ЛБ 40-7	2800	
ЛТБ 40-7	2800	
ЛД 58-7	3750	1517,2
ЛХБ 58-7	4400	
ЛБ 58-7	4600	
ЛТБ 58-7	4600	
ЛД 65-7	3750	1514,2
ЛХБ 65-7	4400	
ЛБ 65-7	4600	
ЛТБ 65-7	4600	
ЛД 80-7	4250	1514,2
ЛХБ 80-7	5000	
ЛБ 80-7	5200	
ЛТБ 80-7	5200	
ЛД 90	4500	1512,8
ЛХБ 90	5300	
ЛТБ 90	5000	

Приложение 3

Сортамент и рекомендации по применению светильников  
с люминесцентными лампами

Серия, тип	Число, шт; мощность, Вт	Исполнение, характеристика помещения, модификация	Длина, мм
ЛСП02	2x36 2x58	Общее освещение производственных зданий, с решеткой, подвесной	1240 1540
ЛСП24	1x40, 2x40 2x36, 2x58	Общее освещение пыльных и влажных производственных зданий, с решеткой, подвесной	1290 1590
ЛСП40	2x40	Общее освещение пыльных и влажных производственных зданий, с рассеивателем, подвесной	1279
ЛСП44	1x40, 2x40	Общее освещение сырых и пыльных промышленных зданий, помещений с химически агрессивными средами, складских помещений, для пожароопасных помещений; корпус и рассеиватель из поликарбоната, подвесной	1279
ЛПО46	2x36	Общее освещение производственных зданий, с рассеивателем, потолочный	1235

## Коэффициенты использования светового потока. Светильники с люминесцентными лампами

Тип светильника	ЛСП02 2x36 2x58					ЛПО46 2x36					ЛСП24 1x40 2x40 2x36 2x58					ЛСП44 1x40 2x40					ЛПО40 2x40				
	$\rho_n, \%$	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30	0	70	70	50	30
$\rho_c, \%$	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_p, \%$	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
$i$	Коэффициент использования $\eta, \%$																								
0,5	28	27	21	18	16	30	28	20	16	14	22	18	13	11	9	28	27	20	13	11	27	26	21	16	15
0,6	33	32	25	22	20	34	32	24	20	18	25	23	17	14	12	33	32	22	17	14	32	30	24	20	18
0,7	38	36	30	26	24	38	36	29	24	22	28	27	20	16	15	38	36	27	20	17	40	37	31	27	25
0,8	42	39	33	29	28	42	40	32	27	24	31	29	23	19	17	42	40	30	23	20	40	37	31	27	25
0,9	46	42	37	32	31	47	43	36	30	28	34	32	26	21	19	47	44	34	26	22	44	40	34	30	28
1,0	49	45	40	35	34	50	46	39	33	30	37	34	28	23	21	51	47	37	29	25	47	43	37	32	30
1,1	52	48	42	38	36	53	49	41	35	32	39	36	30	25	23	54	50	39	31	27	49	45	39	34	32
1,25	55	50	45	40	39	56	52	44	38	35	42	38	32	27	25	57	53	42	34	29	52	48	42	37	34
1,5	60	54	49	45	44	61	56	48	42	39	46	42	36	30	28	63	57	47	38	33	56	51	46	41	38
1,75	63	57	52	48	47	65	59	52	46	42	49	44	38	33	30	67	61	50	42	36	59	54	49	44	41
2,0	65	59	55	51	49	68	61	54	48	44	51	46	40	35	32	70	63	53	44	38	62	56	50	46	43
2,25	68	62	57	53	52	70	64	56	50	46	53	48	42	37	34	73	66	55	47	40	61	58	52	48	45
2,5	70	63	58	55	54	73	66	58	52	48	55	50	43	39	35	76	68	57	49	42	69	63	53	47	41
3,0	73	65	61	58	56	76	68	60	55	50	58	52	45	41	37	80	71	60	52	44	68	62	56	52	48
3,5	75	67	62	60	58	78	69	62	57	52	60	53	47	43	39	82	73	62	54	46	70	63	57	53	50
4,0	77	68	64	61	60	80	71	64	59	53	61	54	48	44	40	85	75	64	56	48	72	64	68	55	51
5,0	80	70	67	65	62	84	74	67	62	56	65	57	51	48	43	90	79	69	61	52	76	66	61	58	53

Приложение 5

Коэффициент запаса  $K_3$  для искусственного освещения  
(выписка из ТКП 45-2.04-153-2009)

Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне	Коэффициент запаса $K$
а) свыше $5 \text{ мг/м}^3$ пыли, дыма, копоти	1,6–2,0
б) от 1 до $5 \text{ мг/м}^3$ пыли, дыма, копоти	1,6–1,8
в) менее $1 \text{ мг/м}^3$ пыли, дыма, копоти	1,4–1,5

Приложение 6

Оптимальные значения соотношения расстояний ( $\lambda$ ) между светильниками с люминесцентными лампами и высоты их подвеса над рабочей поверхностью

№	Тип светильника	Расположение светильников	
		однорядное	многорядное
1	Светильники ЛСП02, ЛСП24	1,35 (1,7)	1,8 (2,3)
2	Светильники ЛСП40, ЛСП44	1,25 (1,5)	1,5
3	Светильники ЛПО46	1,4 (1,7)	1,6 (1,8)

Примечание: в скобках указаны максимальные допустимые значения  $\lambda$ .

Приложение 7

Коэффициент отражения света цветовыми поверхностями

Цвет окрашенной поверхности	Коэффициенты отражения
Зеленый светлый	40-50
Зеленый темный	20-30
Серо-голубой светлый	40-50
Серо-голубой темный	20-30
Кремовый	50-60
Коричневый	20-30
Серый светлый	40-50
Серый темный	20-30
Белый	65-75
Желтовато-белый	65-75

Приложение 8

Значения световой характеристики  $\eta_0$  окон при боковом освещении

Отношение длины помещения $l_n$ к его глубине $B$	Значение световой харак-ки $\eta_0$ при отношении глубины помещения $B$ к его высоте от уровня условной раб. пов-ти до верха окна $h_1$							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 и более	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	–

## Приложение 9

Значение коэффициента  $K_{зд}$ , учитывающего затенение окон противостоящими зданиями в зависимости от отношения расстояния между рассматриваемым и противостоящим зданием  $P$  к высоте расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна  $H_{зд}$

$P/H_{зд}$	$K_{зд}$
0,5	1,7
1	1,4
1,5	1,2
2	1,1
3 и более	1

## Приложение 10

### Значения коэффициента $\tau_4$

Солнцезащитные устройства, изделия и материалы	Коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, $\tau_4$
Убирающиеся регулируемые жалюзи и шторы (межстеклянные, внутренние, наружные)	1
Стационарные жалюзи и экраны с защитным углом не более $45^\circ$ при расположении пластин жалюзи или экранов под углом $90^\circ$ к плоскости окна:	
горизонтальные	0,65
вертикальные	0,75
Горизонтальные козырьки:	
с защитным углом не более $30^\circ$	0,8
с защитным углом от $15^\circ$ до $45^\circ$ (многоступенчатые)	0,9 – 0,6

## Приложение 11

### Значения коэффициента $\tau_2$

Отношение высоты помещения, принимаемой от условной рабочей поверхности до нижней грани остекления $H_{ф}$ , к ширине пролета $H_1$	Значения коэффициента $\tau_2$								
	Средневзвешенный коэффициент отражения потолка, стен и пола								
	$\rho_{ср}=0,5$			$\rho_{ср}=0,4$			$\rho_{ср}=0,3$		
	Количество пролетов								
	1	2	3 и более	1	2	3 и более	1	2	3 и более
2	1,7	1,5	1,15	1,6	1,4	1,1	1,4	1,1	1,05
1	1,5	1,4	1,15	1,4	1,3	1,1	1,3	1,1	1,05
0,75	1,45	1,35	1,15	1,35	1,25	1,1	1,25	1,1	1,05
0,5	1,4	1,3	1,15	1,3	1,2	1,1	1,2	1,1	1,05
0,25	1,35	1,25	1,15	1,25	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05

Значения коэффициентов  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  и  $\tau_3$ 

Вид светопропускающего материала	Значения $\tau_1$	Вид переплета	Значения $\tau_2$	Несущие конструкции покрытий	Значения $\tau_3$
Стекло оконное листовое: одинарное	0,9	Переплеты для окон и фонарей промышленных зданий:		Стальные фермы	0,9
	0,8				Железобетонные и деревянные фермы и арки
двойное	0,8	а) деревянные: одинарные	0,75	Балки и рамы сплошные при высоте сечения: 50 см и более	0,8
тройное	0,75		спаренные		
Стекло витринное толщиной 6-8 мм	0,8	двойные раздельные	0,6	менее 50 см	0,9
	0,6	б) стальные: одинарные открывающиеся	0,75		
Стекло листовое армированное	0,6	одинарные глухие	0,9		
Стекло листовое узорчатое	0,65	двойные открывающиеся	0,6		
	0,65	двойные глухие	0,8		
Стекло листовое со специальными свойствами: солнцезащитное	0,65	Переплеты для окон жилых, общественных и вспомогательные зданий:			
	0,75				
контрастное	0,75	спаренные	0,75		
Органическое стекло: прозрачное	0,9	двойные раздельные	0,65		
	0,6	с тройным остеклением	0,5		
Пустотелые стеклянные блоки: светорассеивающие	0,5	б) металлические: одинарные	0,9		
	0,55	спаренные	0,85		
Стеклопакеты	0,8	двойные раздельные	0,8		
	0,8	с тройным остеклением	0,7		
		Стекложелезобетонные панели с пустотелыми стеклянными блоками при толщине шва: 20 мм и менее	0,9		
		более 20 мм	0,85		

Значения коэффициента  $\gamma_1$

Отношение глубины помещения В к высоте от уровня условной рабочей поверхности до $h_1$ верха окна	Отношение расстояния Г расчетной точки от наружной стены к глубине помещения	Значения $\gamma_1$ при боковом освещении									Значения $\gamma_1$ при боковом двустороннем освещении								
		Средневзвешенный коэффициент отражения $\rho_{ср}$ потолка, стен и пола																	
		0,5			0,4			0,3			0,5			0,4			0,3		
		Отношение длины помещения $l_1$ к его глубине																	
		0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более
От 1 до 1,5	0,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1,05	1	1
	0,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,2	1,1	1,1	1,35	1,25	1,15	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	1	2,1	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3	1,4	1,3	1,2	1,6	1,4	1,25	1,45	1,3	1,15	1,25	1,15	1,1
Более 1,5 до 2,5	0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,3	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05	1,3	1,2	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05
	0,5	1,85	1,6	1,3	1,5	1,35	1,2	1,3	1,2	1,1	1,8	1,45	1,25	1,4	1,25	1,15	1,25	1,15	1,1
	0,7	2,25	2	1,7	1,7	1,6	1,3	1,55	1,35	1,2	2,1	1,75	1,5	1,75	1,45	1,2	1,3	1,25	1,2
	1	3,8	3,3	2,4	2,8	2,4	1,8	2	1,8	1,5	2,35	2	1,6	1,9	1,6	1,5	1,5	1,35	1,2
Более 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1	1	1
	0,2	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,15	1,1	1,05	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,4	1,35	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,35	1,2	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,1
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,25	1,15	1,1	1,5	1,4	1,25	1,3	1,2	1,15	1,2	1,1	1,1
	0,6	2	1,75	1,45	1,6	1,45	1,3	1,4	1,3	1,2	1,8	1,6	1,35	1,5	1,35	1,2	1,35	1,25	1,15
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3	2,25	1,9	1,45	1,7	1,5	1,25	1,5	1,4	1,2
	0,8	3,6	3,1	2,4	2,4	2,2	1,55	1,9	1,7	1,4	2,8	2,4	1,9	1,9	1,6	1,3	1,65	1,5	1,25
	0,9	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	2,2	1,85	1,5	3,65	2,9	2,6	2,2	1,9	1,5	1,8	1,6	1,3
	1	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	2,6	2,2	1,7	4,45	3,35	2,65	2,4	2,1	1,6	2	1,7	1,4
Более 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1,05	1
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,1	1,05	1,05
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,25	1,2	1,1
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,4	1,3	1,2	2,35	2	1,75	1,6	1,4	1,3	1,35	1,25	1,15
	0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	1,5	1,7	1,5	1,3	3,25	2,8	2,4	1,9	1,7	1,45	1,65	1,5	1,3
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	2	1,8	1,5	4,2	3,5	2,85	2,25	2	1,7	1,95	1,7	1,4
	0,7	6	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	2,3	2	1,7	5,1	4	3,2	2,55	2,3	1,85	2,1	1,8	1,5
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	2,6	2,3	1,9	5,8	4,5	3,6	2,8	2,4	1,95	2,25	2	1,6
	0,9	9	7,1	5,6	4,3	3,6	3	3	2,6	2,1	6,2	4,9	3,9	3,4	2,8	2,3	2,45	2,1	1,7
	1	10	7,3	5,7	5	4,1	3,5	3,5	3	2,5	6,3	5	4	3,5	2,9	2,4	2,6	2,25	1,9



Значения световой характеристики фонарей (прямоугольных, трапециевидных и шед)  $\eta_{\phi}$

Тип фонарей	Количество пролетов	Значения световой характеристики фонарей								
		Отношение длины помещения $l_n$ к ширине пролёта $l_1$								
		от 1 до 2			от 2 до 4			более 4		
		Отклонение высоты помещения Н к ширине пролёта								
		от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	От 0,7 до 1	от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 До 1	от 0,2 До 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 До 1
С вертикальным двусторонним остеклением	Один	5,8	9,4	16	4,6	6,8	10,5	4,4	6,4	9,1
	Два	5,2	7,5	12,8	4	5,1	7,8	3,7	6,4	6,5
	Три и более	4,8	6,7	11,4	3,8	4,5	6,9	3,4	4	5,6
С наклонным двусторонним остеклением	Один	3,5	5,2	6,2	2,8	3,8	4,7	2,7	3,6	4,1
	Два	3,2	4,4	5,3	2,5	3	4,1	2,3	2,7	3,4
	Три и более	3	4	4,7	2,35	2,7	3,7	2,1	2,4	3
С вертикальным односторонним остеклением (шеды)	Один	6,4	10,5	15,2	5,1	7,6	10	4,9	7,1	8,5
	Два	6,1	8	11	4,7	5,5	6,6	4,35	5	5,5
	Три и более	5	6,5	8,2	4	4,3	5	3,6	3,8	4,1
С наклонным односторонним остеклением (шеды)	Один	3,8	4,55	6,8	2,9	3,4	4,5	2,5	3,2	3,9
	Два	3	4,3	5,7	2,3	2,9	3,5	2,15	2,65	2,9
	Три и более	2,7	3,7	5,1	2,2	2,5	3,1	2	2,25	2,5

Значение коэффициента  $K_{\phi}$

Тип фонаря	Значения коэффициента $K_{\phi}$
Световые проёмы в плоскости покрытия, ленточные	1
Световые проёмы в плоскости покрытия, штучные	1,1
Фонари с наклонным двусторонним остеклением (трапециевидные)	1,15
Фонари с вертикальным двусторонним остеклением (прямоугольные)	1,2
Фонари с односторонним наклонным остеклением (шеды)	1,3
Фонари с односторонним вертикальным остеклением (шеды)	1,4

Значения световой характеристики  $\eta_\phi$  световых проёмов в плоскости покрытия при верхнем освещении

Схема фонарей	Отношение площади выходного отверстия $S_2$ к сумме площадей входного отверстия $S_1$ и боковой поверхности проема $S_\sigma$	Индекс помещения $i$									
		0,5	0,7	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5
	0,05	25	19	16	14,3	13,3	12	11,5	11	10,5	10
	0,1	13	10,3	8,5	7,7	7	6,3	6	5,8	5,5	5,4
	0,2	7	5,6	4,6	4,2	3,8	3,4	3,3	3,1	3	2,9
	0,3	5	4	3,3	2,9	2,7	2,4	2,3	2,2	2,1	2
	0,4	4,2	3,3	2,7	2,4	2,2	2	1,9	1,85	1,8	1,7
	0,5	3,7	2,9	2,4	2,1	2	1,8	1,7	1,6	1,55	1,5
	0,6	3,3	2,6	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,45	1,4	1,3
	0,7	3,1	2,4	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,35	1,3	1,25
	0,8	2,9	2,3	1,9	1,7	1,55	1,4	1,35	1,3	1,2	1,2
	0,9	2,8	2,2	1,8	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15

Примечание: индекс помещения  $i = \frac{l_n \times b}{H \times (l_n + b)}$ , где  $l_n$  – длина помещения вдоль оси пролётов;  $b$  – ширина помещения;

$H$  – высота покрытия над условной рабочей поверхностью.

