

Тема 3. ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

3.1. Основные понятия и физические характеристики

Органы зрения являются основным звеном передачи информации от внешней среды к мозгу человека. Более 90% всей информации о внешнем мире поступает через органы зрения. Зрительные образы являются, в большинстве случаев, основой для принятия человеком решения.

Нерационально спроектированное освещение ухудшает условия зрительной работы, повышает утомляемость, оказывает отрицательное воздействие на центральную нервную систему. В зависимости от освещенности рабочих мест производительность труда может увеличиваться или уменьшаться.

Воспринимаемые органами зрения световые ощущения представляют собой электромагнитные колебания с длиной волны $\lambda = 380 - 760$ нанометров (нм) ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$).

Белый свет (видимое излучение) представляет собой набор волн разной длины и изменения спектра: от красного (пограничного с инфракрасным) до фиолетового (пограничного с ультрафиолетовым). Органы зрения наиболее чувствительны к желто-зеленому цвету.

Функциональное состояние органов зрения определяется **физиологическими характеристиками**:

острота зрения – способность глаза видеть и различать мельчайшие предметы, детали и форму;

контрастная чувствительность – способность глаза различать близкие по степени яркости предметы;

устойчивость ясного видения – способность глаза четко видеть предметы в течение длительного времени;

скорость зрительного восприятия – способность глаза четко видеть предметы за минимальный период времени;

адаптация зрения – способность глаза изменять чувствительность при

изменении освещенности;

аккомодация зрения – способность глаза приспособливаться к видению предметов на различном расстоянии.

Физиологические характеристики зрения необходимо знать для профессионального отбора лиц на зрительно напряженные работы и выработки рациональных профилактических мероприятий. Осмотр лиц на зрительно напряженные работы проводится через 6 месяцев в первый год работы и затем один раз в год.

Для оценки *светотехнических характеристик* рассмотрим следующую схему (рисунок 3.1).

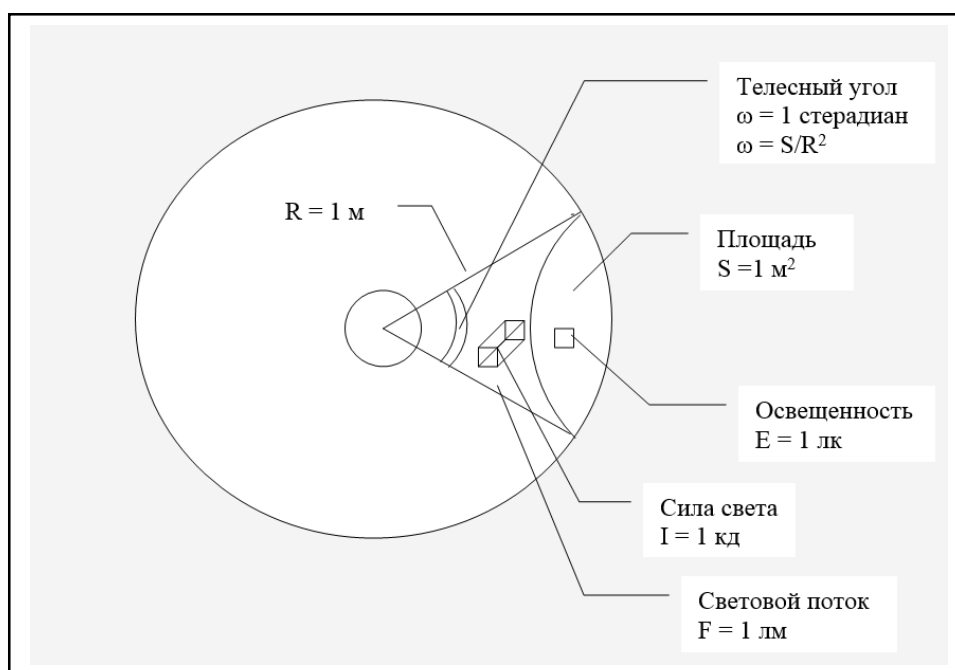


Рисунок 3.1 – Схема к определению основных светотехнических характеристик освещения

Количественные светотехнические характеристики

Световой поток (F) – это количество световой энергии, которая в течение одной секунды проходит через площадь в 1 м^2 , расположенную на расстоянии 1 м от источника света. Измеряется световой поток в **люменах (лм)**. Например, лампа накаливания 25 Вт при 220 В дает $F = 200 \text{ лм}$.

Сила света (I) – это пространственная плотность светового потока в

заданном направлении. Записывается сила света в следующем виде:

$$I = \frac{F}{\omega},$$

где F – световой поток;

ω - телесный угол. Телесный угол - часть пространства в виде конуса или пирамиды, вершиной которых является источник света, а основание – некоторая поверхность, которую пересекают лучи.

Измеряется сила света **в канделах (кд)**.

Освещенность (E) – это поверхностная плотность светового потока.

Записывается освещенность в следующем виде:

$$E = \frac{F}{S},$$

где S – освещаемая площадь в 1 м^2 при световом потоке в 1 лм.

Измеряется освещенность в **люксах (лк)**.

минимальная освещенность (minimum illuminance) Е_{мин}, ЛК!

E_{\min} и E_{\max} - наименьшее и наибольшее значения освещенности в помещении, на освещаемом участке, в рабочей зоне.

Яркость (B) – это часть светового потока, который отражается от освещаемой поверхности и воспринимается органами зрения. Записывается яркость в следующем виде:

$$B = \frac{I}{S},$$

где S – освещаемая площадь в 1 м^2 при световом потоке в 1 лм.

Измеряется яркость в канделах, деленных на м^2 (кд/ м^2).

Фон – это поверхность, непосредственно прилегающая к объекту различения, на котором он рассматривается. Фон оценивается *коэффициентом отражения* (ρ), который записывается в следующем виде:

$$\rho = \frac{F_{\text{отр}}}{F_{\text{пад}}},$$

где $F_{\text{отр}}$ – световой поток, отраженный от поверхности;

$F_{\text{пад}}$ – световой поток, падающий на поверхность.

Фон считается:

светлым при $\rho > 0,4$;

средним при $\rho = 0,2-0,4$;

темным при $\rho < 0,2$.

Фотометрический контраст объекта различения с фоном – это соотношение между яркостью объекта и яркостью фона. Фотометрический контраст объекта различения с фоном оценивается коэффициентом (**К**), который записывается в следующем виде:

$$K = \frac{|B_o - B_{\phi}|}{B_{\phi}},$$

где B_o – яркость объекта различения, кд/м² (трещина и риски на поверхности металла, символ на экране дисплея);

B_{ϕ} – яркость фона, кд/м² (поверхность металла, экран дисплея).

Контраст объекта различения с фоном считается:

большим при $K > 0,5$;

средним при $K = 0,2-0,5$;

малым при $K < 0,2$.

Когда нет контраста ($K=0$), различение предметов невозможно.

Качественные характеристики освещения:

- *коэффициент пульсации*

$$K_{\text{пульс}} = \frac{E_{\text{max}} - E_{\text{min}}}{2E_{\text{ср}}} \times 100\% .$$

По нормам $K_{\text{пульс}}$ не более 20%.

Колебания светового потока недопустимы, т.к. они вызывают усталость глаз и приводят к их утомлению.

- *распределение яркости* в поле зрения, для комбинированного освещения

рекомендуется $\frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{max}}} \geq \frac{1}{3}$ (в пределах рабочей поверхности - отношение

освещенностей);

- *наличие теней* (особенно движущихся), тени исчезают при наличии отраженного освещения, рекомендуется направление светового потока на рабочую поверхность под углом 60° ;

- *блескость* - свойство ярких светящихся поверхностей (нить накала, трубка) нарушать зрительные функции глаза – ослеплять их. Для защиты глаз лампы помещают в арматуру с защитным углом $\alpha \geq 10^\circ \div 30^\circ$. Нормируется показатель ослепленности $p \leq 20-80$ единиц;

- *отраженной блескости* - максимально допустимая яркость рабочей поверхности не должна превышать $B_{\text{доп}} \leq 500 \div 2500 \text{ кд/м}^2$ при площади отражения $S = 0,2 \div 0,01 \text{ м}^2$.

- *коэффициент ослепленности* - критерий оценки слепящего действия источника света;

- *показатель ослепленности*:

$$p = (S - 1) \times 10^3,$$

где S - коэффициент ослепленности, равный отношению V_1 к V_2 , где V_1 к V_2 - видимости объекта при экранировании блеских источников и без соответственно; комфортное $p = 20 \div 60$.

Для того, что бы перейти к рассмотрению освещения рабочих мест, рассмотрим некоторые определения.

Рабочая поверхность - поверхность, на которой производится работа и для которой нормируется освещенность.

Рабочее освещение – освещение рабочих поверхностей, обеспечивающее нормируемые световые условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий.

3.2. Виды освещения

Освещение подразделяется на:

- естественное;

- искусственное;
- совмещенное (смешанное).

3.2.1. Естественное освещение

Естественное освещение – это освещение прямым и отраженным светом небесных источников (солнце, луна, звезды), проникающим в производственное помещение. При естественном освещении освещенность какой-либо точки горизонтальной плоскости производственного помещения оценивается **коэффициентом естественной освещенности (КЕО), e (%)**, который может быть записан в следующем виде:

$$e = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{нар}}} \cdot 100, [\%]$$

где $E_{\text{вн}}$ – освещенность точки горизонтальной поверхности внутри производственного помещения, лк;

$E_{\text{нар}}$ – освещенность точки горизонтальной поверхности снаружи производственного помещения на расстоянии 1м от стены производственного здания в 12⁰⁰ ч дня, лк.

Естественное освещение *подразделяется* на следующие виды:

- 1) *боковое* освещение через световые проемы в наружной стене производственного помещения;
- 2) *верхнее* освещение через световые фонари (аэрационные фонари на крыше здания);
- 3) *комбинированное естественное освещение* – сочетание бокового и верхнего освещения.

Боковое освещение оценивается минимальным КЕО – e_{min} ;

верхнее и *комбинированное* освещение оценивается средним КЕО – $e_{\text{ср}}$.

Коэффициент запаса K_z для естественного освещения - расчетный коэффициент, учитывающий снижение КЕО в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачного в световых проемах, а также снижения отражающих свойств поверхностей помещения [1].

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

Все производственные помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

Распределение КЕО в производственном помещении при различных видах естественного освещения может быть представлено в следующем виде (рисунок 3.2).

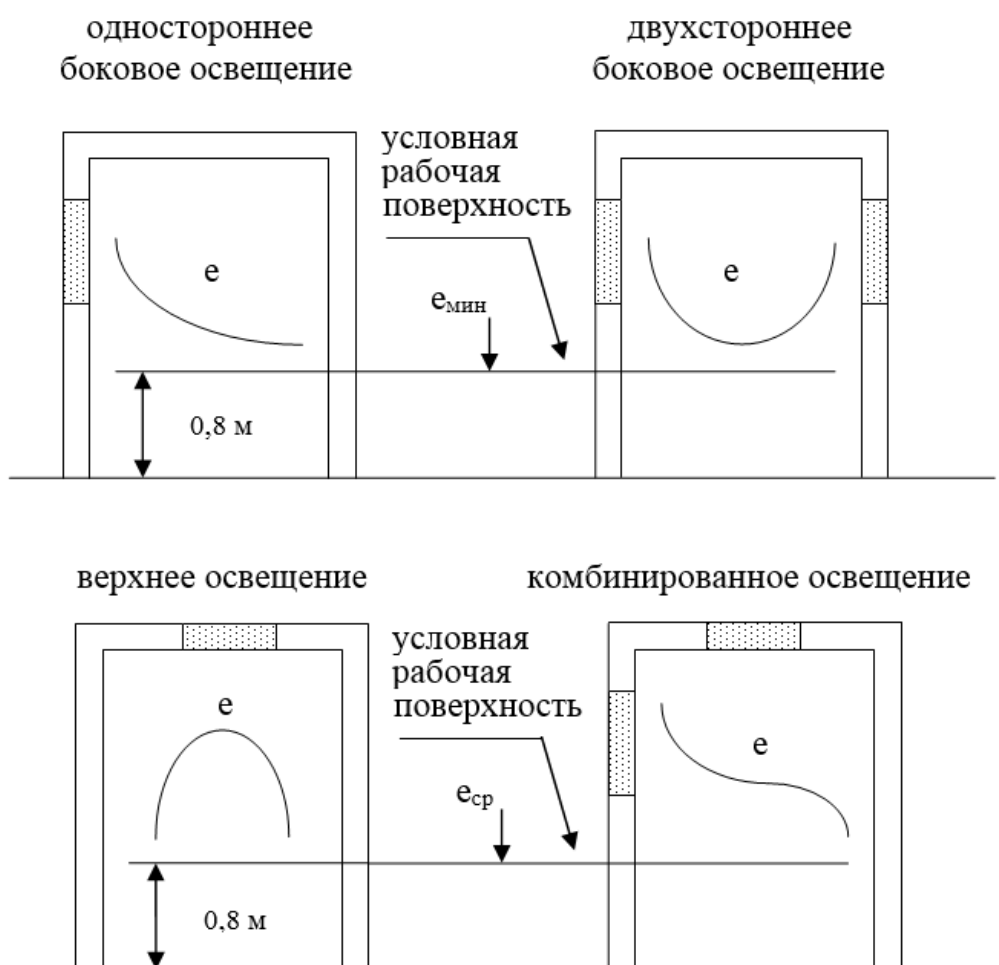


Рисунок 3.2 – Схемы распределения коэффициентов естественного освещения в зависимости от вида освещения

3.2.2. Искусственное освещение

При *искусственном освещении* освещенность какой-либо точки горизонтальной плоскости производственного помещения так же оценивается освещенностью E , лк.

Искусственное освещение подразделяется на следующие виды:

1) ***рабочее*** освещение:

- *общее освещение* – освещение, при котором источник искусственного освещения размещается в верхней зоне помещения; общее освещение подразделяется на равномерное и локализованное.

- *местное освещение* – освещение, создаваемое источником искусственного света концентрированно на рабочем месте;

- *комбинированное искусственное освещение* – общее + местное.

2) ***вспомогательное*** освещение:

- *аварийное освещение* – освещение в случае выхода из строя питания основного рабочего освещения и подключается к источнику питания, не зависящему от источника питания рабочего освещения;

- *эвакуационное освещение* – освещение для эвакуации людей в случае аварийного отключения рабочего освещения;

- *дежурное освещение* – освещение в нерабочее время;

- *дополнительное освещение* - освещение, которое используется в течение рабочего дня в зонах с недостаточным естественным освещением [1].

Резервное освещение - вид аварийного освещения для продолжения работы в случае отключения рабочего освещения.

Виды эвакуационного освещения:

- освещение больших площадей - вид эвакуационного освещения для предотвращения паники и безопасного подхода к путям эвакуации;

- освещение зон повышенной опасности - вид эвакуационного освещения для безопасного завершения потенциально опасного процесса;

- освещение путей эвакуации - вид эвакуационного аварийного освещения для надежного определения и безопасного использования путей эвакуации.

Осветительные приборы аварийного освещения бывают:

- постоянного действия, включенными одновременно с осветительными приборами рабочего освещения;

- непостоянного действия, автоматически включаемыми при нарушении питания рабочего освещения в рабочей зоне.

В производственных помещениях и на рабочих местах вне помещений можно использовать только 2 типа систем искусственного освещения: общую и комбинированную (общую + местную). Использование только местного освещения не допускается.

При недостатке солнечного света и световом голодании используется *эритемное освещение* – искусственное ультрафиолетовое освещение. Максимальный эффект достигается при $\lambda = 297\text{нм}$. Может использоваться длительно совместно с рабочим освещением или кратковременно.

3.2.3. Совмещенное освещение

Совмещенное освещение - освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным рабочим освещением.

3.3. Нормирование освещения

Показатель дискомфорта – критерий оценки дискомфортного состояния из-за освещения и вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения. Безразмерная величина и определяется расчетным путем и должен быть в пределах 15...90.

«Неправильное» освещение в производственном помещении приводит к возникновению следующих вредных факторов:

- отсутствие или недостаток естественного света;
- отсутствие или недостаток искусственного света;
- повышенная яркость света;
- пониженная контрастность;
- прямая и отраженная блескость;
- повышенная пульсация светового потока.

Нормативным документом является Свод правил (СП) 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».

При естественном освещении нормируется **КЕО**, который зависит от:

- характеристики зрительной работы;
- наименьшего размера объекта различения;
- разряда работы;
- вида естественного освещения.

При искусственном освещении нормируется минимально допустимая освещенность E_n , которая зависит от характеристики зрительной работы, наименьшего размера объекта различения, разряда работы, контраста объекта различения с фоном, характеристики фона, вида освещения и типа источника освещения.

Наименьший размер объекта различения представляет собой объект, который органы зрения человека должны четко видеть на фоне, прилегающему к объекту различения (например, деталь или толщина линии символа на экране монитора или стрелка на циферблате прибора).

В таблице 3.1 приведены общие требования для помещений промышленных предприятий при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего для естественного и искусственного освещения.

Таблица 3.1

Требования к освещению помещений промышленных предприятий [1]

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Искусственное освещение, освещенность, комбинированное освещение, лк	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
				КЕО, %			
				Верхнее или комбини-	Боковое	Верхнее или комбини-	Боковое

				рованное		рованное	
Наивысшей точности	<0,15	I	1250-5000	-	-	6,0	2,0
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	II	750-4000	-	-	4,2	1,5
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	400-2000	-	-	3,0	1,2
Средней точности	От 0,5 до 1,0	IV	200-750	4,0	1,5	2,4	0,9
Малой точности	От 1,0 до 5,0	V	-	3,0	1,0	1,8	0,6
Грубая (очень малой точности)	>5,0	VII	-	3,0	1,0	1,8	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса	-	VIII	-	0,3-3,0	0,1-1,0	0,2-1,8	0,1-0,6

Производственное помещение может быть разделено на зону с боковым освещением (рабочие зоны, примыкающие к наружным стенам с окнами) и зону с верхним освещением. Нормирование и расчет освещения в каждой зоне производятся независимо друг от друга.

Нормируемый КЕО для зданий, расположенных в различных районах светового климата записывается в следующем виде:

$$e_n = e_n^A \cdot m \cdot c,$$

где e_n^A – нормируемый КЕО в поясе **A** светового климата для соответствующей характеристики зрительной работы и разряда зрительной работы;

m – коэффициент светового климата;

c – коэффициент солнечности климата, определяемый поясом светового климата, ориентацией здания и конструкцией световых проемов.

Коэффициент светового климата и коэффициент солнечности определяется согласно следующим данным (таблица 3.2).

Коэффициенты светового климата и солнечности [1]

Пояс светового климата	Территория	Коэффициент светового климата	Коэффициент солнечности
I	Владимирская, Калужская, Курганская, Московская, Нижегородская, Новосибирская, Омская, Рязанская Свердловская, Смоленская, Тульская, Тюменская области, Республики: Башкортостан, Мордовия, Татарстан, Саха (Якутия), Удмуртская Республика	1,2	0,95
II	Белгородская, Брянская, Волгоградская, Воронежская, Курская, Липецкая, Магаданская, Оренбургская, Орловская, Пензенская Саратовская, Сахалинская, Тамбовская, Ульяновская области, Забайкальский край, Республики: Алтай, Бурятия, Ингушетия, Коми, Северная Осетия - Алания, Тыва	1,1	0,9
III	Вологодская, Ивановская, Калининградская, Кировская, Костромская, Ленинградская, Новгородская, Псковская, Тверская, Ярославская области, Республика Карелия	1	0,85
IV	Архангельская, Мурманская области	0,9	0,8
V	Астраханская, Амурская, Ростовская области, Краснодарский край, Приморский край, Ставропольский край	0,8	0,75

Измеренная освещенность соответствует нормируемой при соблюдении следующих условий:

общее освещение	$E_{\text{изм}}^{\text{общ}} = (0,9 - 1,2) \cdot E_{\text{норм}}^{\text{общ}}$
	$200\text{лк} \leq E_{\text{изм}}^{\text{общ}} \leq 500\text{лк}$
комбинированное освещение	$E_{\text{изм}}^{\text{комб}} \geq E_{\text{норм}}^{\text{комб}}$
	$\frac{E_{\text{изм}}^{\text{общ}}}{E_{\text{изм}}^{\text{комб}}} \cdot 100 \geq 10\%$

3.4. Типы источников света и порядок расчета системы освещения

Для общего и местного освещения помещений следует использовать источники света с цветовой температурой от 2400 К до 6800 К . Интенсивность

ультрафиолетового излучения в диапазоне длин волн 320 - 400 нм не должна превышать 0,03 Вт/м². Наличие в спектре излучения длин волн менее 320 нм не допускается.

Световая отдача источника света — отношение излучаемого источником светового потока к потребляемой им мощности. Измеряется в люменах на ватт (лм/Вт).

Индекс цветопередачи или **коэффициент цветопередачи** - параметр, характеризующий уровень соответствия реального цвета предмета видимому (кажущемуся) цвету этого предмета при освещении его источником света.

При выборе источников освещения и мест их расположения необходимо руководствоваться показателями на рабочих местах:

- интенсивность освещения;
- равномерность освещения;
- защита от ослепляющего воздействия;
- затеняющий эффект;
- направление светового потока;
- граничное значение основной спектральной характеристики.

3.4.1. Типы освещения

Для производственных помещений в качестве искусственного освещения используются:

- лампы накаливания (ЛН);
- газоразрядные лампы (РЛ);
- светодиодные источники света (LED).

Каждый класс источников света разделяется на несколько типов.

В **лампах накаливания** видимый свет возникает в результате накала нити до высоких температур за счет прохождения тока через нее.

Характеристики ламп накаливания:

1. Широкий диапазон мощностей. Зависит от сферы использования, так для местного освещения рабочих мест и бытовых целей применяются лампы от

25 до 150 Ватт, для общего освещения производственных помещений – до 1000 Вт.

2. Температура нити 2000...2800 С°.
3. Напряжение питания – 220 В, 50 Гц.
4. Световая отдача (отношение излучаемого источником светового потока к потребляемой им мощности) – 9...19 Лм/Вт.
5. Размеры цоколя – Е14 (14 мм), Е27(27 мм) и Е40 (40 мм).
6. Тип цоколя – резьбовой и штифтовой.
7. Ресурс функционирования – 1000 часов при номинальных условиях напряжения питания.

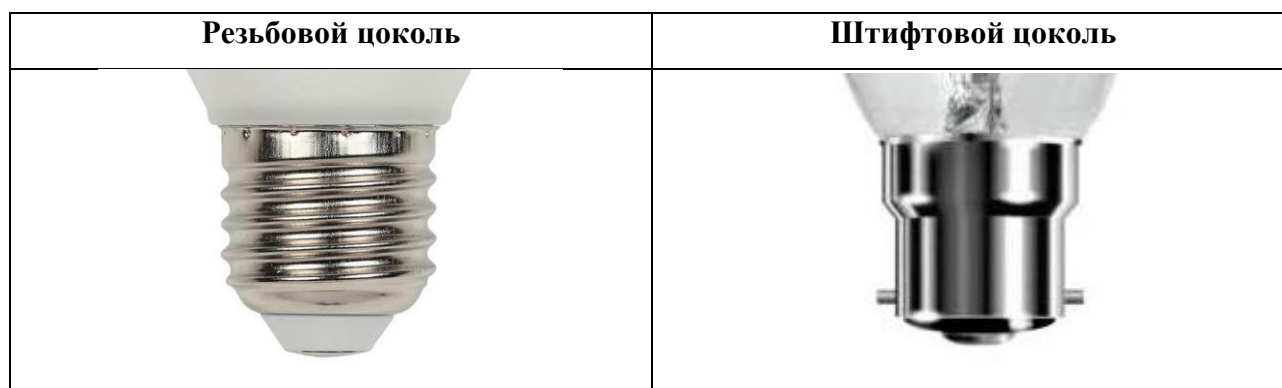


Рисунок 3.3 – Цоколи ЛН

Выделяют в процессе горения много тепла, имеют чувствительность к частым выключениям. По цене они самые доступные из предложенных в магазинах ламп. Средний вес – 15 г.

При выборе в качестве источника света ламп накаливания, следует обратить внимание, что нормативными документами использование ЛН мощностью менее 100 Вт не рекомендуется использовать в производственных помещениях.

ЛН используются как для общего освещения рабочих мест внутри и вне помещений, так и для местного освещения рабочих мест.

Галогенная лампа - лампа накаливания, в стеклянный баллон которой добавлен буферный газ: пары галогенов (брома или йода). Буферный газ повышает срок службы лампы до 2000-4000 часов и позволяет повысить температуру спирали. При этом рабочая температура спирали составляет примерно 3000 К. Эффективная световая отдача большинства массово производимых галогенных ламп составляет от 15 до 22 Лм/Вт.

Газоразрядные лампы представляют собой электрический источник света, в котором для формирования оптического излучения используется разряд внутри газонаполненной стеклянной колбы. У газоразрядных ламп внутренняя поверхность покрывается люминофором и ультрафиолетовое излучение, возникающее при пропускании через лампу электрического разряда, падая на люминофор, превращает его в видимый свет.

В качестве наполнения стеклянных колб применяют такие газы, как аргон, ксенон, неон, криптон. Наибольшее распространение получили лампы, наполненные паробразной ртутью.

Наибольшее распространение получили газоразрядные лампы:

- высокого давления ДРЛ (дуговые ртутные с люминофором);
- низкого давления ЛЛ (люминесцентные).

Характеристики ДРЛ:

1. Диапазон мощностей: от 80 до 1000 Ватт.
2. Цоколь: до 250 Ватт используют цоколь Е27, свыше 250 - цоколь Е40.
3. Световая отдача – 40...52 Лм/Вт.
4. Период эксплуатации около 10 000 часов.
5. Наличие пускового механизма.

Достоинства ДРЛ:

- высокая мощность;
- долговечность;
- работают при низких температурах, что позволяет освещать рабочие места вне помещений;
- высокая яркость, свет равномерный.

Недостатки ДРЛ:

- включаются с задержкой (для достижения полной мощности лампе требуется несколько минут на нагревание);
- лампа издает жужжание;
- слабая светопередача очень слабая;
- высокий коэффициент мерцания;
- нуждаются в высоком помещении (от 4 метров).

ДРЛ никогда не устанавливаются в офисных помещениях с низкими потолками.

В офисных помещениях и «чистых» производствах используются **люминесцентные лампы**.

В *люминесцентных энергосберегающих лампах* на стенку колбы нанесен люминофор – композиция люминесцентных порошков, а сама колба наполнена аргоном или парами ртути.

Люминесцентные лампы бывают:

- *трубчатые прямые* используются как для общего, так и местного освещения (контакты могут быть с одной стороны или с двух);
- кольцевые лампы используются для местного освещения;
- компактные лампы с цоколем E27 или E40 используются для местного освещения.

Люминесцентные лампы обладают следующими *достоинствами*:

- большая светотдача (основная часть энергии превращается в свет);
- экономичность;
- благоприятный спектральный состав.
- повышенный срок эксплуатации (от 6 до 15 тысяч часов непрерывного горения);
- большой диапазон цветности (цвет свечения может быть трех видов: дневным, естественным и теплым.
- минимальные энергозатраты (в 4-5 раз меньше, чем лампы накаливания, при световом потоке одинаковой интенсивности);

- незначительная температура колбы (из-за незначительного тепловыделения).

Недостатки:

- наличие стробоскопического эффекта (своеобразное ощущение раздвоенности или множественности предметов);

- появление шума;

- непригодность к функционированию при низких температурах;

- при повышенных температурах снижается интенсивность светового излучения;

- наличие ртути (доза очень незначительная: 40-60 мг, но при постоянном воздействии способно причинить вред здоровью);

- запуск длится несколько минут.

Утилизация люминесцентных ламп из-за наличия опасного вещества ртути осуществляется только специализированными лицензированными предприятиями.

Светодиодные лампы в качестве источника света используют светодиоды. Светодиодная лампа является одним из самых экологически чистых источников света. Принцип свечения светодиодов позволяет применять в производстве и работе самой лампы безопасные компоненты. Светодиодные лампы не используют вредных и опасных веществ, поэтому они не представляют опасности в случае выхода из строя или повреждения колбы. Обычно светодиодные лампы являются сменными элементами светодиодных светильников.

Преимущества светодиодных светильников

- очень низкое энергопотребление;

- срок наработки не менее 50000 часов без обслуживания и потери светового потока;

- экологически чистая утилизация;

- устойчивость к вибрациям и пониженным температурам;

- нечувствительность к перепадам сети;

- отсутствие пусковых токов;
- быстрый выход на режим (менее 1 сек);
- спектральные характеристики максимально приближены к естественному освещению, в спектре нет инфракрасных и ультрафиолетовых составляющих;
- отсутствие мерцания;
- высокая контрастность освещения

Недостаток только один: высокая цена.

Для направленного распределения светового потока лампы устанавливают в осветительную арматуру, образуя **светильник**. Светильник необходим для следующих целей:

- 1) формирование светового потока в сторону рабочих поверхностей;
- 2) защиту органов зрения;
- 3) защиту ламп от загрязнений.

По распределению светового потока светильники подразделяются на:

- прямого света;
- отраженного света;
- рассеянного света.

По защите от загрязнений светильники подразделяются на:

- пылезащищенные (установлены в цехах с высокой концентрацией пыли);
- влагозащищенные (установлены в цехах с высокой влажностью, котельных);
- от агрессивных веществ (установлены в цехах химических предприятий).

3.4.2. Расчеты освещения

Расчет общего освещения

Производят методом *коэффициента использования* светового потока (η).

Коэффициент γ показывает какая часть светового потока всех ламп попадает на рабочую поверхность:

$$\gamma = \frac{F_{\text{рабочей поверхности}}}{n \cdot F_{\text{лампы}}};$$

Этот метод позволяет найти световой поток источников света, необходимый для создания требуемой освещенности рабочей поверхности.

Общий световой поток

$$F_{\text{общ}} = \frac{E_{\text{общ}} \cdot S \cdot Z_1 \cdot Z_2}{\gamma},$$

где $E_{\text{общ}}$ – минимальная освещенность по нормам, Лк;

S – освещаемая площадь, м²

Z_1 – коэффициент запаса на износ ламп и запыления ($Z_1 = 1,5 \div 2$);

Z_2 – коэффициент, характеризующий неравномерность освещения ($E_{\text{ср}}/E_{\text{мин}} = 1,2 \div 1,3$).

Коэффициент использования светового потока определяется из таблиц в зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения пола, стен и потолка, а также от индекса помещения

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)},$$

где h – расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м;

A, B – размеры помещения, м.

Число потребного количества ламп

$$n = F_{\text{общ}} / F_{\text{лампы}}.$$

Расчет комбинированного освещения

По нормам: $E_{\text{общ}}/E_{\text{мест}} \geq 1/9$, но в пределах $150 \leq E_{\text{общ}} \leq 450$ лк.

Из таблиц выбирается $E_{\text{комб.доп}} = E_{\text{общ}} + E_{\text{мест}}$.

Затем находится $E_{\text{общ}}$ и производится расчет общего освещения (по η).

Затем определяется освещенность $E_{\text{мест.доп}}$ и производится расчет местного освещения.

Расчет местного освещения

Производится точечным методом.

$$F_{\text{мест}} = \frac{1000 \cdot E_{\text{мест}} \cdot Z_1}{E_{\text{усл}} \cdot \mu},$$

где 1000 – световой поток условной лампы;

$E_{\text{усл}}$ – освещенность от условной лампы (находится из кривых изолюкс);

μ – коэффициент влияния других источников света (соседних).

h, d – координаты расчетной на рабочей поверхности, по ним выбирается

$E_{\text{усл}}$

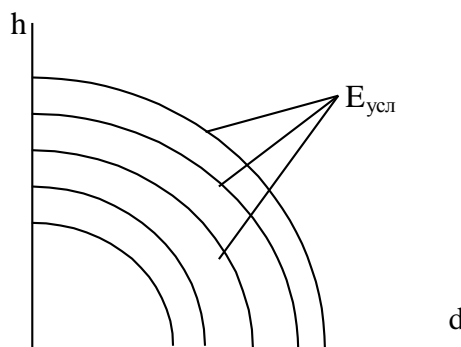


Рисунок 3.4 – К выбору $E_{\text{усл}}$

Компьютерные программы для расчета освещения [4].

1. Формула света

Бесплатная простая программа, предназначенная для расчета необходимого количества светильников освещения внутри помещения. Программное обеспечение полностью бесплатно, однако подлежит обязательной регистрации, как это описано в Лицензионном Соглашении. Для активизации программы Необходимо получить индивидуальный серийный номер на сайте программы.

2. Lival

Небольшая по объему программа расчета освещенности фирмы Lival

для своих светильников. Программа бесплатна, требуется регистрация.

3. DIALux (<http://www.dial.de>)

Самая распространенная программа, предназначенная для проектирования как внутреннего так и наружного освещения. Есть возможность трехмерной визуализации. Качество картинок высокое. Простой понятный интерфейс. Легко осваивается. Имеет встроенную базу светильников многих мировых производителей светотехнической продукции.

И ряд других программ

Дополнительная литература

1. Свод правил (СП) 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение
2. ГОСТ 24940-2016 ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ Методы измерения освещенности
3. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий.

Нормы и методы измерений

4. http://www.energsoft.info/soft_svet.html