

ЛЕКЦИЯ 8 ОСВЕЩЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ

ОБЪЕКТОВ

1. Влияние освещения на зрение

Излучение, воздействующее на орган зрения и тем самым вызывающее ощущение света, называется областью оптических (видимых) излучений. Эта область находится в пределах от 380 до 760 нм. Область видимых излучений с длиной волны до 380 нм граничит с ультрафиолетовым излучением и свыше 760 нм — с инфракрасным излучением.

В зависимости от длины волны излучения глаз человека ощущает тот или иной цвет. Как следует из рис. 4.1, глаз человека наиболее восприимчив к цвету, соответствующему длине волны 500...580 нм.

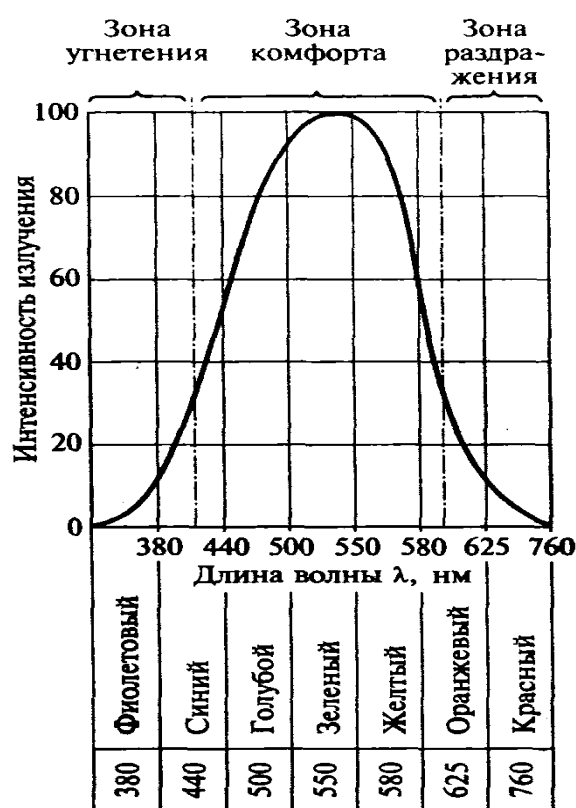


Рис. 1. Кривая чувствительности глаза к свету различной длины волны

Воздействуя на глаза, свет тем самым влияет на весь организм человека, включая центральную нервную систему. Излуче-

ния с длиной волны от 380 до 450 нм образуют зону угнетения, а в пределах от 650 до 760 нм – раздражения. При неудовлетворительном освещении зрительная способность глаз снижается, и у человека могут появиться такие глазные болезни, как близорукость, ожоги от света, резь в глазах, катаракта, а также головные боли. Кроме того, неудовлетворительное освещение часто служит причиной производственного травматизма.

Наличие резких теней в рабочей зоне нарушает постоянный уровень приспособляемости глаз к изменению яркости, т.е. нарушает адаптацию – свойство глаз приспособляться при переводе взгляда от светлого к темному, и наоборот.

Полное время, необходимое на адаптацию глаз от светлого к темному, 4...5 мин, а от темного к светлому – 1...10 мин. По гигиеническим условиям для глаз предпочтительнее естественное освещение.

Глаз человека лучше всего приспособлен к естественному освещению. При недостаточном естественном освещении или при его отсутствии применяют осветительные установки, которые обеспечивают возможность нормальной жизнедеятельности людей. Более того, искусственное освещение решает ряд задач, вообще недоступных естественному освещению. От особенностей устройства искусственного освещения, кажущихся иногда незначительными, во многом зависят и производительность труда, и безопасность работы, и сохранность зрения, и архитектурный облик помещения.

Одним из факторов, определяющих условия труда на рабочих местах производственных помещений и открытых производственных площадок, является правильно организованное освещение рабочих мест или благоприятный **световой климат** помещений и рабочих мест на открытых производственных площадках. **Освещение**, выполненное в соответствии с нормируемыми показателями, не только влияет на производственные показатели: повышает производительность труда, качество продукции и выполняемой работы, но и существенно снижает возможность неправильных или опасных операций.

Основными светотехническими величинами, применяемыми для расчета освещения, являются:

1) величины, характеризующие *источник света*: сила света (кандела, кд), световой поток (люмен, лм);

2) величины, характеризующие *освещаемую поверхность*: – освещенность (люкс, лк), яркость (кд/м²).

Сила света I – основная светотехническая величина; единица ее измерения – кандела (кд). **Кандела** – сила света, испускаемого с поверхности площадью 1/600000 м² полного излучателя в перпендикулярном направлении при температуре излучателя, равной температуре затвердевания платины (2042 К) при давлении 101 325 Па.

Световой поток F – произведение силы света точечного источника на пространственный угол ω (в стерadianах), в котором световой поток распространяется, т. е. $F=I\omega$. **Единица светового потока – люмен (лм)**. Люмен – световой поток в телесном угле в 1 стерadian при силе света 1, равной 1 кд.

Освещенность E – отношение светового потока к площади, на которую он падает. Единица освещенности – (лк). 1 лк=Г лм/м². Освещенность измеряется люксметрами.

Яркость B поверхности источника света – отношение силы света к площади поверхности источника света. **Яркость измеряется в канделах на квадратный метр (кд/м²)**. Яркость – светотехническая величина, на которую непосредственно реагирует глаз. При обычных условиях (без светозащитных очков) яркость $3 \cdot 10^4$ кд/м² является слепящей и вредно воздействует на зрение; гигиенически приемлема яркость до $0,75 \cdot 10^4$ кд/м².

Условия зрительного комфорта на рабочем месте

1. **Уровень освещенности на рабочем месте должен соответствовать характеру выполняемой работы.** Обычно, чем сложнее зрительная работа, тем выше должен быть средний уровень освещенности. Тем не менее, чрезмерно высокая освещенность рабочей зоны может утомлять глаза.

2. **Равномерное распределение освещенности на рабочих поверхностях и в пределах окружающего пространства.** Это условие связано с тем, что постоянное перемещение в неравномерно освещенных зонах приводит к утомлению органов зрения, кроме того, на адаптацию к резкому изменению освещенности

глазу требуется некоторое время, в течение которого человек не может видеть окружающее пространство и своевременно реагировать на возможные опасные ситуации. По этой причине одно местное освещение не применяется.

3. *Отсутствие резких теней на рабочей поверхности.* Резкие тени создают неравномерное распределение освещенности в поле зрения, искажают форму предметов и их размеры. Особенную опасность представляют движущиеся тени, дезориентирующие человека в пространстве и способствующие возникновению травмоопасных ситуаций.

4. *В поле зрения должны отсутствовать прямая и отраженная блескости.* Прямая блескость появляется, если источник света находится непосредственно в поле зрения, отраженная, — если источник попадает в поле зрения, отражаясь в зеркальных и полированных поверхностях. Появление прямой или отраженной блескости в поле зрения может привести к временному ослеплению работника.

5. *Величина освещенности должна быть постоянной во времени.* Пульсация освещенности оказывает неблагоприятное влияние как на органы зрения, так и на центральную нервную систему человека, кроме того, в ряде случаев может привести к очень опасному явлению: *стробоскопическому эффекту* (вращающиеся предметы могут казаться не подвижными либо вращающимися в обратную сторону). Пульсация освещенности чаще всего возникает при использовании в качестве источников света газоразрядных ламп, которые в сети переменного тока (50 Гц) загораются и гаснут 100 раз в секунду (при переходе тока через ноль). Для устранения этого явления используются специальные схемы включения ламп и принимаются меры, предотвращающие стробоскопический эффект.

6. *Направленность светового потока на рабочую поверхность должна быть оптимальной,* чтобы обеспечить рассмотрение внутренних поверхностей изделий, оценить рельефность поверхностей и т.п.

7. *Следует выбирать необходимый спектральный состав света* либо для обеспечения правильной цветопередачи, либо для усиления цветовых контрастов.

8. Осветительная установка должна быть безвредной и безопасной в процессе эксплуатации. Выбор типа осветительной установки должен определяться условиями эксплуатации. Так, например, для эксплуатации в условиях повышенной влажности должны использоваться светильники соответствующего влагозащищенного исполнения и т.д. Установки бактерицидного освещения могут представлять опасность для людей, и при их эксплуатации и установке необходимо соблюдать меры предосторожности.

По типу источника света производственное освещение бывает трех видов (рис. 2):

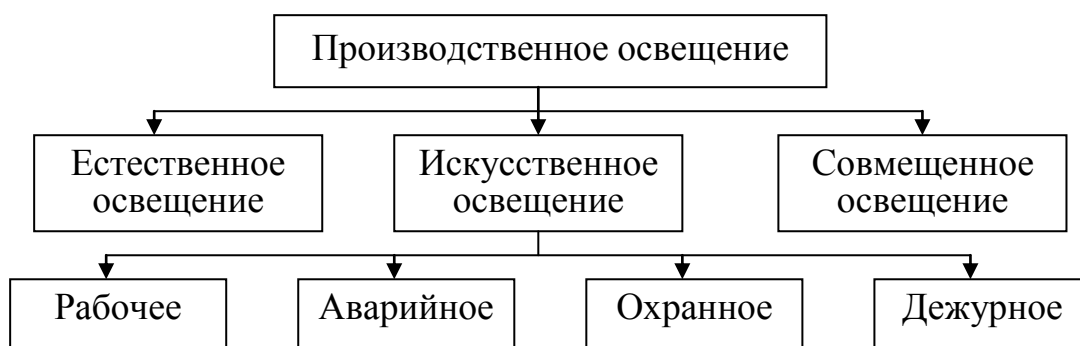


Рис. 2. Виды производственного освещения

- 1) **естественное** – источником света является солнце (прямой или диффузно рассеянный свет небесного купола);
- 2) **искусственное** – искусственные источники света;
- 3) **совмещенное** – недостаточное естественное освещение дополняется искусственным.

2. Естественное освещение

Источником естественного освещения является лучистая энергия солнца. Естественная средняя наружная освещенность в течение года по месяцам и часам резко колеблется, достигая в средней полосе нашей страны максимума в июне и минимума в декабре. Кроме того, в течение суток освещенность сначала возрастает – до 12 ч, затем снижается – в период от 12 до 14 ч и постепенно падает – до 20 ч.

Естественное освещение имеет как положительные, так и отрицательные стороны.

Солнечное излучение сильно влияет на кожу, внутренние органы и ткани и, прежде всего, на центральную нервную систему. Интересно, что это влияние не ограничивается временем, когда человек находится на солнце, а продолжается и после того, как он уходит в помещение или наступает ночь. Медики называют его рефлексорным.

Действие солнечного света начинается с влияния на кожный покров. Незащищенная одеждой кожа человека отражает от 20 до 40 % упавших на нее видимых и ближайших к ним по длине волн невидимых инфракрасных лучей (20% отражает кожа загорелого человека, а 40% – самая незагорелая, белая кожа). Поглощенная часть (60...65 %) лучистой энергии проникает под внешний кожный покров и влияет на более глубокие слои тела.

Ультрафиолетовые и некоторые инфракрасные лучи отражаются кожей в меньшей степени и сильнее поглощаются роговым, более грубым слоем кожи.

У людей, длительное время работающих на Севере, в шахтах, метро или просто в городах в средней полосе России, у тех, которые в дневное время большей частью находятся в помещениях, а по улицам перемещаются на транспорте, развивается солнечное голодание. Дело в том, что обычные оконные стекла зданий в незначительной степени пропускают физиологически активные ультрафиолетовые лучи, а в городах их и без того мало доходит до поверхности Земли в результате загрязнения воздуха пылью, дымом, выхлопными газами.

При солнечном голодании кожа становится бледной, холодной, теряет свежесть. Она плохо снабжается питательными веществами и кислородом. В ней слабее циркулируют кровь и лимфа, из нее плохо выводятся продукты распада шлаки и начинается отравление организма отработанными веществами. Кроме того, капилляры делаются более ломкими, в связи с чем увеличивается склонность к кровоизлияниям.

У тех, кто испытывает солнечное голодание, происходят болезненные, неприятные метаморфозы, затрагивающие как сферу психики, так и физическое состояние. Прежде всего, появляются

нарушения деятельности нервной системы: ухудшаются память и сон, усиливается возбудимость у одних и безучастность, заторможенность у других. С ухудшением кальциевого обмена (появлением затруднений при усвоении пищевого кальция и фосфора, которые продолжают выводиться из организма, а следовательно, наступает обеднение тканей этими необходимыми веществами) начинают усиленно разрушаться зубы, увеличивается ломкость костей. Таким образом, при длительном солнечном голодании снижаются умственные способности и работоспособность, очень быстро наступают утомление и раздражение, уменьшается подвижность, ухудшаются возможности борьбы с попадающими в организм микробами (снижается иммунитет). Несомненно, человек, испытывающий солнечное голодание, чаще заболевает простудными и другими инфекционными заболеваниями, и болезнь носит затяжной характер. В этих случаях медленно и плохо заживают переломы, порезы и любые ранения. Появляется склонность к гнойничковым заболеваниям у тех, кто раньше этим не страдал, а также ухудшается течение хронических заболеваний у тех, кто их уже имеет, тяжелее протекают воспалительные процессы, что связано с повышением проницаемости стенок сосудов, усиливается склонность к отекам.

Учитывая степень благотворного влияния естественного света на организм человека, гигиена труда требует максимального использования естественного освещения. Оно не устраивается только там, где это противопоказано технологическими условиями производства, например, при хранении светочувствительных химикатов и изделий.

Так, солнечное освещение увеличивает производительность труда до 10 %, а создание рационального искусственного освещения – до 13 %, при этом в ряде производств брак снижается до 20...25%. Рациональное освещение обеспечивает психологический комфорт, способствует уменьшению зрительного и общего утомления, снижает опасность производственного травматизма.

По конструктивному исполнению естественное освещение подразделяют на:

- **боковое**, осуществляемое через оконные проемы, одно- или двустороннее (рис. 3 а, б);

- **верхнее**, когда свет проникает в помещение через аэрационные или зенитные фонари, проемы в перекрытиях (рис. 3 *в*)
- **комбинированное**, когда к верхнему освещению добавляется боковое (рис. 3 *г*).

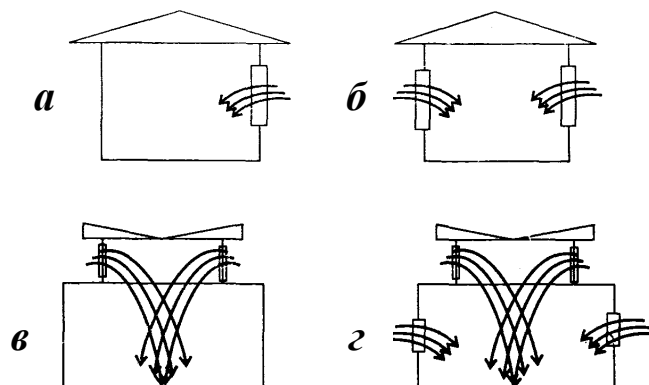


Рис. 3. Виды естественного освещения в зависимости от конструктивного исполнения:

а, б – боковое; *в* – верхнее; *г* – комбинированное

Наиболее эффективно комбинированное естественное освещение, обеспечивающее более равномерное распределение освещенности внутри производственного помещения.

При одностороннем боковом освещении свет в глубине помещения уменьшается. Улучшается освещение при двусторонних боковых проемах. Верхний источник света хорошо освещает пространство в середине пролета и хуже у стен. Применение совместно бокового и верхнего освещения создает более равномерную освещенность по всей ширине пролета здания.

Неравномерность естественного наружного освещения в течение года, а также дня и зависимость освещенности помещения от конструкции световых проемов необходимо учитывать при проектировании естественного освещения и расстановке оборудования в помещении.

Для нормирования параметров производственного освещения необходимо использовать строительные нормы и правила СНиП 23-05-95. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение.

Нормируемым показателем для естественного освещения является коэффициент естественной освещенности.

Коэффициент естественной освещенности (e) – отношение освещенности в данной точке помещения к освещенности наружной горизонтальной плоскости, освещаемой рассеянным светом всего небосвода в один момент времени

$$e = \frac{E_v}{E_n} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где E_v , E_n – соответственно освещенность в данной точке рабочего места и освещенность наружной горизонтальной поверхности рассеянным светом всего небосвода в один и тот же момент времени.

Из этой формулы следует, что коэффициент естественного освещения (e) характеризует, во сколько раз освещенность внутри помещения меньше наружной.

Расчет естественного освещения, как правило, сводится к выбору площади и числа оконных проемов производственного помещения.

Суммарная площадь оконных проемов определяется в виде процентного соотношения к площади S_n всего производственного помещения.

Предварительный расчет площади световых проемов (%) может быть проведен с помощью соотношений:

- при боковом освещении

$$100 \frac{S_0}{S_n} = \frac{e_n k_3 \eta_0}{t_0 r_1} k_{30}; \quad (2)$$

- при верхнем освещении

$$100 \frac{S_0}{S_n} = \frac{e_n k_3 \eta_\phi}{t_0 r_2 k_\phi}, \quad (3)$$

где e_n – нормируемое значение КЕО, %;

k_3 – коэффициент запаса (1,2...2,0);

η_0 – световая характеристика окон (6,5...66), зависит от соотношения длины и глубины помещения и высоты расположения оконного проема;

η_ϕ – световая характеристика фонаря (1,15...25);

t_0 – общий коэффициент светопропускания световых проемов (меньше 1);

r_1, r_2 – коэффициенты, учитывающие отраженные составляющие освещенности соответственно от оконного проема и фонаря;

k_{ϕ} – коэффициент, учитывающий тип фонаря;

$k_{з\partial}$ – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями.

3. Искусственное освещение

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых недостаточно естественного света или для освещения помещения в те часы суток, когда естественный свет отсутствует.

По конструктивному исполнению искусственное освещение может быть двух видов: общее и комбинированное, когда к общему освещению добавляется местное, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочих местах. **Общее освещение** подразделяется на общее равномерное освещение (при равномерном распределении светового потока без учета расположения оборудования) и общее локализованное освещение (при распределении светового потока с учетом расположения рабочих мест).

Комбинированное освещение имеет ряд преимуществ перед общим освещением:

- уменьшается общий расход электрической энергии за счет уменьшения установленной мощности источников света из-за близкого расположения местных светильников к рабочей поверхности;
- происходит экономия электрической энергии за счет выключения светильников местного освещения на свободных рабочих местах;
- повышается видимость рельефных деталей за счет индивидуального выбора местных светильников;
- ограничиваются тени и блики на рабочих местах;
- имеется возможность создания высоких уровней освещенности.

щенности на наклонных поверхностях.

Применение одного местного освещения внутри зданий не допускается. В промышленных предприятиях рекомендуется применять систему комбинированного освещения там, где выполняются точные зрительные работы, где оборудование создает глубокие, резкие тени или рабочие поверхности расположены вертикально. Система общего освещения может быть рекомендована в помещениях, где по всей площади выполняются однотипные работы, а также в административно-конторских, складских помещениях и проходных. Если рабочие места сосредоточены на отдельных участках, например, у разметочных плит, столов ОТК, целесообразно прибегать к локализованному размещению светильников общего освещения.

Искусственное освещение устраняет перечисленные выше недостатки естественного освещения и обеспечивает оптимальный световой режим.

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное.

Рабочее освещение является обязательным для всех помещений, зданий, а также участков открытых пространств. Оно служит для обеспечения нормальных условий работы, прохода людей, проезда транспорта.

Аварийное освещение разделяется, в свою очередь, на освещение безопасности и эвакуационное.

Освещение безопасности предусматривают в тех случаях, когда отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать:

- взрыв, пожар, отравление людей;
- длительное нарушение технологического процесса;
- нарушение работы таких объектов, как электрические станции, узлы радио- и телевизионных передач, и связи, диспетчерские пункты, насосные установки водоснабжения, канализации и теплофикации, установки вентиляции и кондиционирования воздуха для производственных помещений, в которых недопустимо прекращение работ, и т.п.;
- нарушение режима детских учреждений независимо от числа находящихся в них детей.

Эвакуационное освещение в помещениях или местах проведения работ вне зданий следует предусматривать:

- в местах, опасных для прохода людей;
- в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей (если число эвакуируемых более 50 человек);
- по основным проходам производственных помещений, в которых работают более 50 человек;
- на лестничных клетках жилых зданий высотой шесть этажей и более;
- в производственных помещениях без естественного света и т.п.

Источники света аварийного освещения могут включаться одновременно со светильниками основного освещения и постоянно гореть или включаться автоматически только при прекращении питания нормального освещения.

Охранное освещение (при отсутствии специальных технических средств охраны) предусматривается вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время.

Дежурное освещение – освещение помещений в нерабочее время. При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения может использоваться для дежурного освещения

Для искусственного освещения рабочих зон электрическим светом используется прямой, отраженный и рассеянный свет (рис. 4).

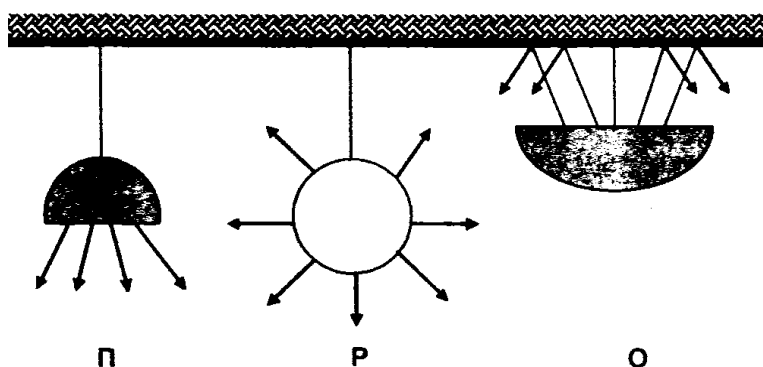


Рис.4. Виды светильников в зависимости от доли светового потока, приходящейся на нижнюю полусферу:

П – прямого света; Р – рассеянного света; О – отраженного света

Выбор тех или иных светильников по светораспределению зависит от характера выполняемых в помещении работ, возможности запыления, загрязнения воздушной среды, отражательной способности поверхностей в помещении. Например, светильники рассеянного и отраженного света применяются в таких помещениях, где требуется большая равномерность освещения, когда необходимо смягчить резкость теней или бликов на поверхностях с большим отражением и т.д.

Нормирование параметров искусственного освещения. Согласно СНиП 23-09-95 нормируемыми параметрами искусственного освещения являются:

- освещенность рабочей поверхности E , лк;
- показатель ослепленности P , %;
- коэффициент пульсации освещенности K_n , %.

Освещенность рабочей поверхности – плотность светового потока на освещаемой им поверхности:

$$E = \frac{\Phi}{S} \left[\frac{1_{\text{лм}}}{1_{\text{м}^2}} \right] = [1 \text{ лк}], \quad (4)$$

где Φ – плотность светового потока, лм; S – площадь поверхности, освещаемой световым потоком, м².

В качестве нормативной величины освещенности задается ее минимальное значение, при котором выполнение определенной работы не вредит зрению работника. $E_{\text{мин}}$ задается для наиболее темного участка рабочей поверхности. Она устанавливается по характеристике зрительной работы, которая определяется зрительным напряжением при выполнении данной работы. Всего выделяют восемь разрядов зрительных работ. Первые шесть разрядов (от работ очень высокой точности до грубых зрительных работ) классифицируются в зависимости от наименьшего размера объекта различения (толщина метки на шкале прибора, самая тонкая линия чертежа, трещина в изделии и т.п.), контраста объекта различения с фоном (малый, средний, большой) и характеристики фона (светлый, средний и темный). VII разряд устанавливает требования для работ со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах, VIII – для общего наблюдения за ходом работ.

Показатель ослепленности – критерий оценки слепящего действия осветительной установки, определяемый выражением

$$P = (S - 1) \cdot 100 \%, \quad (5)$$

где S – коэффициент ослепленности, равный отношению пороговых разностей яркости при наличии и отсутствии слепящих источников в поле зрения. В производственных помещениях показатель ослепленности не должен превышать 20...40 % в зависимости от разряда зрительной работы.

При освещении производственных помещений газоразрядными лампами, питаемыми переменным током промышленной частоты (50 Гц), ограничивается глубина пульсации освещенности.

Коэффициент пульсации освещенности критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током, выражающийся формулой

$$K_n = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}} \cdot 100\%, \quad (6)$$

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

Величина коэффициента пульсации в зависимости от системы освещения и характера выполняемой работы не должна превышать 10...20 % (при работах, связанных с наблюдением за видеотерминалами ЭВМ, K_n – не более 5 %).

В настоящее время для искусственного освещения применяются следующие источники света:

- лампы накаливания, включая галогенные;
- трубчатые люминесцентные газоразрядные лампы низкого давления;
- дуговые ртутные люминесцентные газоразрядные лампы высокого давления;
- дуговые ксеноновые газоразрядные лампы;
- дуговые натриевые газоразрядные лампы;
- дуговые ртутные галогенные лампы.

Газоразрядные люминесцентные лампы рекомендуется применять в следующих случаях:

- при необходимости различать цвета;
- при работах, связанных с длительным напряжением зрения;
- в производственных помещениях с непрерывным циклом производства или работами в три смены;
- в детских и школьных учреждениях;
- в помещениях, где освещение используется в качестве архитектурного оформления интерьеров.

Недостатком наиболее распространенных люминесцентных ламп является пульсация их светового потока, глубина колебания которого может достигать 55 %. Пульсация светового потока, кратная частоте переменного тока, может вызвать в определенных случаях «стробоскопический эффект», нарушающий правильное зрительное восприятие движущихся предметов, когда вращающийся предмет может казаться неподвижным. Пульсация светового потока приводит к быстрому утомлению зрения. В современных многоламповых светильниках с помощью специальных электрических схем подключения ламп удастся устранить этот недостаток.

Для расчета осветительной установки при равномерном размещении светильников общего освещения и горизонтальной рабочей поверхности основным является так называемый метод коэффициента использования светового потока или метод коэффициента использования осветительной установки. При этом методе учитывается как световой поток источников света, так и световой поток, отраженный от стен, потолка и других поверхностей помещения.

Расчет ведется по формуле

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} S Z K_3}{N \eta}, \quad (7)$$

где $\Phi_{\text{л}}$ – световой поток одного светильника, лм; $E_{\text{н}}$ – нормированная освещенность, лк; S – площадь помещения, м²; $Z = 1,15$ – коэффициент, учитывающий отношение средней освещенности к минимальной, при освещении линиями люминесцентных светильников $Z = 1,1$; K_3 – коэффициент запаса, принимаемый в

зависимости от загрязненности воздуха в помещении; N – число светильников; η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока определяется по светотехническим таблицам. Он зависит от КПД и кривой распределения силы света светильника, коэффициентов отражения потолка, пола и стен, высоты подвеса светильника над расчетной поверхностью и конфигурации помещения, которая определяется индексом (показателем) помещения:

$$i = \frac{ab}{h_p(a+b)}, \quad (8)$$

где a, b – ширина и длина помещения, м; h_p – высота подвеса светильника над расчетной поверхностью, м.

Минимальная требуемая освещенность устанавливается по СНиП 23-05-95 или отраслевым нормам. Число светильников подбирается с учетом оптимального их расположения. По требуемому световому потоку подбирается ближайшая стандартная лампа, определяется ее мощность, а затем мощность всей осветительной установки.

Для расчета локализованного и местного освещения горизонтальных и наклонных поверхностей и освещения в тех случаях, когда отраженным светом можно пренебречь, применяется точечный метод, где используется формула

$$E = I \cos^3 \alpha / K_z h_p^2, \quad (9)$$

где E – освещенность, лк; I – сила света в направлении от источника на данную точку рабочей поверхности, кд; α – угол между нормалью к рабочей поверхности и направлением светового потока на источник; K_z – коэффициент запаса; h_p – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.