

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Параметры и устройство освещения

Посредством зрения люди воспринимают до 90% необходимой для работы информации, свет необходим для нормальной жизнедеятельности человека. Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное психофизиологическое воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

Зрение определяется остротой – способностью глаза различать мелкие предметы, скоростью зрительного восприятия – время которое необходимо чтобы рассмотреть предметы, временем ясного устойчивого видения – время в течение которого предмет не утрачивает четкости контуров, контрастной чувствительностью- способностью различать яркости различной интенсивности, зрительной адаптацией- приспособлением глаза к различным условиям освещенности, аккомодацией – способностью глаза видеть предметы, находящиеся на различном расстоянии от него. Ощущение зрения происходит под воздействием видимого излучения (света), которое представляет собой электромагнитное излучение с длиной волны 0,38...0,76 мкм. Чувствительность зрения максимальна к электромагнитному излучению с длиной волны 0,555 мкм (желто-зеленый цвет) и уменьшается к границам видимого спектра.

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К количественным показателям относятся:

световой поток Φ - часть лучистого потока, воспринимаемая человеком как свет; характеризует мощность светового излучения, измеряется в люменах (лм); 1 люмен это световой поток от эталонного точечного источника в 1 международную свечу, помещенного в вершине телесного угла в один стерадиан.

Характеристики светового потока- сила света J - пространственная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока $d\Phi$, исходящего от источника и равномерно распространяющегося внутри элементарного телесного угла dn , к величине этого угла; $J = d\Phi / dn$; измеряется в канделах (кд);

освещенность E - поверхностная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока $d\Phi$, равномерно падающего на освещаемую поверхность dS (m^2), к ее площади; $E = d\Phi / dS$; измеряется в люксах (лк);

яркость B - это часть пространственной плотности светового потока исходящая от светящейся или освещаемой поверхности в сторону глаза. Она зависит от силы света угла падения светового потока на плоскость, цвета предмета. Чрезмерная яркость называется блескостью. Измеряется в нитах, $1 \text{ Нт} = 1 \text{ кд/м}^2$

Для качественной оценки условий зрительной работы используют такие показатели, как фон, контраст объекта с фоном,

коэффициент пульсации освещенности, видимость, показатель ослепленности, спектральный состав света.

Фон - это поверхность, на которой происходит различение объекта. Фон характеризуется способностью поверхности отражать падающий на нее световой поток. Эта способность (коэффициент отражения ρ) определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока $\Phi_{\text{отр}}$ к падающему на нее световому потоку $\Phi_{\text{пад}}$, $\rho = \Phi_{\text{отр}}/\Phi_{\text{пад}}$. В зависимости от цвета и фактуры поверхности значения коэффициента отражения находятся в пределах 0,2...0,95; при $\rho > 0,4$ фон считается светлым; при $\rho = 0,2...0,4$ - средним и при $\rho < 0,2$ - темным.

Контраст объекта с фоном k - степень различения объекта и фона - характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта (точки, линии, знака, пятна, трещины, риски или других элементов) и фона; $k = (V_{\text{об}} - V_{\text{ф}})/V_{\text{об}}$ (при $V_{\text{об}} > V_{\text{ф}}$) считается большим, если $k > 0,5$ (объект резко выделяется на фоне), средним при $k = 0,2...0,5$ (объект и фон заметно отличаются по яркости) и малым при $k < 0,2$ (объект слабо заметен на фоне).

Коэффициент пульсации освещенности k_E - это критерий глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока

$$k_E = 100(E_{\text{max}} - E_{\text{min}})/(2E_{\text{cp}}),$$

где E_{max} , E_{min} , E_{cp} - максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период колебаний; для газоразрядных ламп $k_E =$

25...65. %, для обычных ламп накаливания $k_E = 7 \%$, для галогенных ламп накаливания $k_E = 1\%$.

Видимость V характеризует способность глаза воспринимать объект. Она зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции. Видимость определяется числом пороговых контрастов в контрасте объекта с фоном, т. е. $V = k / k_{\text{пор}}$, где $k_{\text{пор}}$ - пороговый или наименьший различимый, I глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличимым на этом фоне.

Показатель ослепленности P_0 - критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой,

$$P_0 = 1000(V_1/V_2 - 1),$$

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

Экранирование источников света осуществляется с помощью щитков, козырьков и т.п.

При освещении производственных помещений используют естественное освещение, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода и меняющимся в зависимости от географической широты, времени года и суток, степени облачности и прозрачности атмосферы; искусственное освещение, создаваемое электрическими источниками света, и совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным.

Конструктивно естественное освещение подразделяют на боковое (одно- и двустороннее), осуществляемое через световые проемы в наружных стенах; если расстояние до рабочего места от окна более 12м предусматривается двустороннее. Верхнее - через световые проемы в кровле и перекрытиях; комбинированное - сочетание верхнего и бокового освещения.

Искусственное освещение по конструктивному исполнению может быть двух видов - общее и комбинированное. Систему общего освещения применяют в помещениях, где по всей площади выполняются однотипные работы (литейные, сварочные, гальванические цеха), а также в административных, конторских и складских помещениях. Различают общее равномерное освещение (световой поток распределяется равномерно по всей площади без учета расположения рабочих мест) и общее локализованное освещение (с учетом расположения рабочих мест).

При выполнении точных зрительных работ (например, слесарных, токарных, контрольных) в местах, где оборудование создает глубокие, резкие тени или рабочие поверхности расположены вертикально (штампы, гильотинные ножницы), наряду с общим освещением применяют местное. Совокупность местного и общего освещения называют комбинированным освещением. Применение одного местного освещения внутри производственных помещений не допускается, поскольку образуются резкие тени, зрение быстро утомляется и создается опасность производственного травматизма.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяют на рабочее, аварийное и специальное, которое может быть охранным, дежурным, эвакуационным, эритемным, бактерицидным и др.

Рабочее освещение предназначено для обеспечения нормального выполнения производственного процесса, прохода людей, движения транспорта и является обязательным для всех производственных помещений.

Аварийное освещение устраивают для продолжения работы в тех случаях, когда внезапное отключение рабочего освещения (при авариях) и связанное с этим нарушение нормального обслуживания оборудования могут вызвать нежелательные последствия. Минимальная освещенность рабочих поверхностей при аварийном освещении должна составлять 5% нормируемой освещенности рабочего освещения, но не менее 2 лк.

Эвакуационное освещение предназначено для обеспечения эвакуации людей из производственного помещения при авариях и отключении рабочего освещения. Минимальная освещенность на полу основных проходов и на ступеньках при эвакуационном освещении должна быть не менее 0,5 лк, на открытых территориях - не менее 0,2 лк.

Охранное освещение устраивают вдоль границ территорий, охраняемых специальным персоналом. Наименьшая освещенность в ночное время 0,5 лк.

Сигнальное освещение применяют для фиксации границ опасных зон; оно указывает на наличие опасности либо на безопасный путь эвакуации.

Условно к производственному освещению относят бактерицидное и эритемное облучение помещений. Бактерицидное облучение («освещение») создается для обеззараживания воздуха, питьевой воды, продуктов питания. Наибольшей бактерицидной способностью обладают ультрафиолетовые лучи с $\lambda = 0,254 \dots 0,257$ мкм. Эритемное облучение создается в производственных помещениях, где недостаточно солнечного света (северные районы, подземные сооружения). Максимальное эритемное воздействие оказывают электромагнитные лучи с $\lambda = 0,297$ мкм. Они стимулируют обмен веществ, кровообращение, дыхание и другие функции организма человека.

Основной задачей производственного освещения является поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы, а также соответствовать требованиям:

Освещенность рабочей поверхности должна быть равномерной. Соотношение освещенностей рабочей поверхности и окружающего пространства не должно превышать $10 \setminus 1$. В поле зрения не должно быть блескости (повышенной яркости светящихся предметов). Величина освещенности должна быть постоянной во времени. Спектральный состав источников света должен обеспечивать правильную цветопередачу. Осветительная

установка должна быть безопасной надежной и удобной в эксплуатации.

Источники света, применяемые для искусственного освещения, делят на две группы - газоразрядные лампы и лампы накаливания. Лампы накаливания относятся к источникам света теплового излучения. Видимое излучение в них происходит в результате нагрева электрическим током вольфрамовой нити. В газоразрядных лампах излучение оптического диапазона спектра возникает в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов и паров металлов, а так же за счет явлений люминесценции, которое невидимое ультрафиолетовое излучение преобразует в видимый свет.

При выборе и сравнении источников света друг с другом пользуются следующими параметрами: номинальное напряжение питания $U(V)$; электрическая мощность лампы $P (Вт)$; световой поток, излучаемый лампой $\Phi(лм)$, или максимальная сила света J (кд); световая отдача $\psi = \Phi/P(лм/Вт)$, т.е. отношение светового потока лампы к ее электрической мощности; срок службы лампы и спектральный состав света.

Лампы накаливания удобны в эксплуатации, просты в изготовлении, у них низкая инерционность при включении, отсутствие дополнительных пусковых устройств, надежность работы при колебаниях напряжения и при различных метеорологических условиях окружающей среды они находят широкое применение в промышленности. Наряду с отмеченными преимуществами лампы накаливания имеют и существенные

недостатки: низкая световая отдача (для ламп общего назначения", = 7...20 лм/Вт), сравнительно малый срок службы (до 2,5 тыс. ч), в спектре преобладают желтые и красные лучи, что сильно отличает их спектральный состав от солнечного света.

В последние годы все большее распространение получают галогидные лампы - лампы накаливания с йодным циклом. Наличие в колбе паров йода позволяет повысить температуру накала нити, т.е. световую отдачу лампы (до 40 лм/Вт). Пары вольфрама, испаряющиеся с нити накаливания, соединяются с йодом и вновь оседают на вольфрамовую спираль, препятствуя распылению вольфрамовой нити и увеличивая срок службы лампы до 3 тыс. ч. Спектр излучения галогидной лампы более близок к естественному.

Люминесцентные лампы представляют собой стеклянную трубку внутренняя часть которой покрыта люминофором внутри инертный газ. Основным преимуществом газоразрядных ламп перед лампами накаливания является большая световая отдача 40...110 лм/Вт. Они имеют значительно больший срок службы, который у некоторых типов ламп достигает 8.. .12 тыс. ч. От газоразрядных ламп можно получить световой поток любого желаемого спектра, подбирая соответствующим образом инертные газы, пары металлов, люминоформ. По спектральному составу видимого света различают лампы дневного света (ЛД), дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛЛД), холодного белого (ЛХБ), теплого белого (ЛТБ) и белого цвета (ЛБ).

Основным недостатком газоразрядных ламп является пульсация светового потока, что может привести к появлению

стробоскопического эффекта, заключающегося в искажении зрительного восприятия. При кратности или совпадении частоты пульсации источника света и обрабатываемых изделий вместо одного предмета видны изображения нескольких. К недостаткам газоразрядных ламп следует отнести также длительный период разгорания, необходимость применения специальных пусковых приспособлений, облегчающих зажигание ламп; зависимость работоспособности от температуры окружающей среды. Газоразрядные лампы могут создавать радиопомехи, исключение которых требует специальных устройств.

Также существуют дуговые ртутные люминесцентные лампы высокого давления. Металлогенные лампы. Дуговые натриевые лампы. Дуговые ксеноновые лампы.

Создание в производственных помещениях качественного и эффективного освещения невозможно без рациональных светильников. Электрический светильник - это совокупность источника света и осветительной арматуры, предназначенной для перераспределения излучаемого источником светового потока в требуемом направлении, предохранения глаз рабочего от слепящего действия ярких элементов источника света, защиты источника от механических повреждений, воздействия окружающей среды и эстетического оформления помещения.

Для характеристики светильника с точки зрения распределения светового потока в пространстве строят график силы света в полярной системе координат. Степень предохранения глаз работников от слепящего действия источника света

определяют защитным углом светильника. Защитный угол - это угол между горизонталью, соединяющей нить накала (поверхность лампы) с противоположным краем отражателя. Важной характеристикой светильника является его коэффициент полезного действия - отношение фактического светового потока светильника Φ_f к световому потоку помещенной в него лампы Φ_p , т.е. $\eta_{\text{спв}} = \Phi_f / \Phi_p$.

По светотехническим характеристикам распределению светового потока в пространстве различают светильники прямого света- световой поток в нижнюю полусферу не менее 80%, преимущественно прямого- поток в нижнюю полусферу 60-80%, рассеянного-40-60%, отраженного света- поток отраженного действия-80% и преимущественно отраженного света 60%. Конструкция светильника должна надежно защищать источник света от пыли, воды и других внешних факторов, обеспечивать электро-, пожаро- и взрывобезопасность, стабильность светотехнических характеристик в данных условиях среды, удобство монтажа и обслуживания, соответствовать эстетическим требованиям. В зависимости от конструктивного исполнения различают светильники открытые, защищенные, закрытые, пылепроницаемые, влагозащитные, взрывозащищенные, взрывобезопасные.

Нормирование и расчет освещения

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СНиП 23-05-95 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона,

контраста объекта с фоном. Характеристика зрительной работы определяется наименьшим размером объекта различения (например, при работе с приборами - толщиной линии градуировки шкалы, при чертежных работах - толщиной самой тонкой линии). В зависимости от размера объекта различения все виды работ, связанные со зрительным напряжением, делятся на восемь разрядов, которые, в свою очередь, в зависимости от фона и контраста объекта с фоном делятся на четыре подразряда.

Искусственное освещение нормируется количественными (минимальной освещенностью E_{min}) и качественными показателями (показателями ослепленности и дискомфорта, коэффициентом пульсации освещенности k_E). Принято раздельное нормирование искусственного освещения в зависимости от применяемых источников света и системы освещения. Нормативное значение освещенности для газоразрядных ламп при прочих равных условиях из-за их большей светоотдачи выше, чем для ламп накаливания. При комбинированном освещении доля общего освещения должна быть не менее 10% нормируемой освещенности. Эта величина должна быть не менее 150 лк для газоразрядных ламп и 50 лк для ламп накаливания.

Для ограничения слепящего действия светильников общего освещения производственных помещениях показатель ослепленности не должен превышать 20...80 единиц в зависимости от продолжительности и разряда зрительной работы. При освещении производственных помещений газоразрядными лампами, питаемыми переменным током промышленной частоты

50 Гц, глубина пульсаций не должна превышать 10...20% в зависимости от характера выполняемой работы.

При определении нормы освещенности следует учитывать также ряд условий, вызывающих необходимость повышения уровня освещенности, выбранного по характеристике зрительной работы. Увеличение освещенности следует предусматривать, например, при повышенной опасности травматизма или при выполнении напряженной зрительной работы I...IV разрядов в течение всего рабочего дня. В некоторых случаях следует снижать норму освещенности, например, при кратковременном пребывании людей в помещении.

Естественное освещение характеризуется тем, что создаваемая освещенность изменяется в зависимости от времени суток, года, метеорологических условий. Поэтому в качестве критерия оценки естественного освещения принята относительная величина - коэффициент естественной освещенности КЕО, не зависящий от вышеуказанных параметров. КЕО - это отношение освещенности в данной точке внутри помещения $E_{вн}$ к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности $E_{ю}$ создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженное в процентах, т.е. $КЕО = 100 E_{вн}/E_{н}$.

Принято отдельное нормирование КЕО для бокового и верхнего естественного освещения. При боковом освещении нормируют минимальное значение КЕО в пределах рабочей зоны, которое должно быть обеспечено в точках, наиболее удаленных от окна; в помещениях с верхним и комбинированным освещением -

по усредненному КЕО в пределах рабочей зоны. Нормированное значение КЕО с учетом характеристики зрительной работы, системы освещения, района расположения зданий на территории страны

$$E_n = KEO_m,$$

где КЕО - коэффициент естественной освещенности; t – коэффициент светового климата, определяемый в зависимости от района расположения здания на территории страны и ориентации здания относительно сторон света; коэффициент t определяют по таблицам СНиП 23-05-95.

Совмещенное освещение допускается для производственных помещений, в которых выполняются зрительные работы I-го и II-го разрядов; для производственных помещений, строящихся в северной климатической зоне страны; для помещений, в которых по условиям технологии требуется выдерживать стабильными параметры воздушной среды (участки прецизионных металлообрабатывающих станков, электропрецизионного оборудования). При этом общее искусственное освещение помещений должно обеспечиваться газоразрядными лампами, а нормы освещенности повышаются на одну ступень.

Основной задачей светотехнических расчетов является: для естественного освещения определение необходимой площади световых проемов; для искусственного - требуемой мощности электрической осветительной установки для создания заданной освещенности.

При естественном боковом освещении требуемая площадь световых проемов (м²):

$$S_{\text{трок}} = \frac{S_{\text{п}} \cdot S_{\text{ок}} \cdot k_{\text{зд}} \cdot k_{\text{з}}}{100 \cdot \rho \cdot \tau_{\text{общ}}},$$

где $S_{\text{п}}$ - площадь пола помещений, м²; $S_{\text{ок}}$ - коэффициент световой активности оконного проема; $k_{\text{зд}}$ - коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями; $k_{\text{з}}$ - коэффициент запаса; определяется с учетом запыленности помещения, расположения стекол (наклонно, горизонтально, вертикально) и периодичности очистки; ρ - коэффициент, учитывающий влияние отраженного света; определяется с учетом геометрических размеров помещения, светопроема и значений коэффициентов отражения стен, потолка, пола; $\tau_{\text{общ}}$ - общий коэффициент светопропускания; определяется в зависимости от коэффициента светопропускания стекол, потерь света в переплетах окон, слоя его загрязнения, наличия несущих и солнцезащитных конструкций перед окнами.

При проектировании искусственного освещения необходимо выбрать тип источника света, систему освещения, вид светильника; наметить целесообразную высоту установки светильников и размещения их в помещении; определить число светильников и мощность ламп, необходимых для создания нормируемой освещенности на рабочем месте, и в заключение проверить намеченный вариант освещения на соответствие его нормативным требованиям.

Расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом

коэффициента использования светового потока. Световой поток (лм) одной лампы или группы люминесцентных ламп одного светильника

$$\Phi_K = E_n S z k_3 / (n \eta_i),$$

где E_n - нормируемая минимальная освещенность по СНиП 23-05-95, лк; S - площадь освещаемого помещения, м²; Z - коэффициент неравномерности освещения; обычно $z = 1,1 \dots 1,2$; k_3 - коэффициент запаса, зависящий от вида технологического процесса и типа применяемых источников света; обычно $k_3 = 1,3 \dots 1,8$; n - число светильников в помещении; η_i - коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока, давший название методу расчета, определяют по СНиП 23-05-95 в зависимости от типа светильника, отражательной способности стен и потолка, размеров помещения, определяемых индексом помещения

$$j = AB / [H(A + B)],$$

где A и B - длина и ширина помещения в плане, м; H - высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м.

По полученному в результате расчета световому потоку по ГОСТ 2239-79* и ГОСТ 6825-91 выбирают ближайшую стандартную лампу и определяют необходимую электрическую мощность. При выборе лампы допускается отклонение светового потока от расчетного в пределах 10...20 %.

Для поверочного расчета местного освещения, а также для расчета освещенности конкретной точки наклонной поверхности

при общем локализованном освещении применяют, точечный метод. В основу точечного метода положено уравнение

$$E_A = I_a \cos \alpha / r^2,$$

где E_A - освещенность горизонтальной поверхности в расчетной точке A , лк; I_a - сила света в направлении от источника к расчетной точке A ; определяется по кривой распределения светового потока выбираемого светильника и источника света; α - угол между нормалью к поверхности, которой принадлежит точка, и направлением вектора силы света в точку A ; r - расстояние от светильника до точки A , м.

Учитывая, что $r = H / \cos \alpha$ и вводя коэффициент запаса k_z , получим $E_A = I_a \cos^3 \alpha / (H k_z)$. Критерием правильности расчета служит неравенство $E_A \geq E_H$.

ЦВЕТОВОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Рациональное цветовое оформление производственного интерьера - действенный фактор улучшения условий труда и жизнедеятельности человека. Установлено, что цвета могут воздействовать на человека по-разному: одни цвета успокаивают, а другие раздражают.

Красный цвет стимулирует нервные центры, заряжает энергией печень и мышцы, вызывает у человека условный рефлекс, направленный на самозащиту. Однако при длительном воздействии может вызвать усталость и учащение сердцебиения. Красный цвет противопоказан при гипертонии, воспалительных процессах, плохо

воздействует он и на ярко-рыжих людей. Оранжевый воспринимается людьми так же, как горячий, он согревает, бодрит, стимулирует к активной деятельности.

Желтый и лимонный цвета активизируют двигательные центры, генерируют энергию мышц, стимулируют и очищают печень, располагают к хорошему настроению. Противопоказаны при повышенной температуре тела, перевозбуждении, воспалительных процессах и зрительных галлюцинациях.

Зеленый цвет покоя и свежести, устраняет спазмы кровеносных сосудов и понижает кровяное давление, успокаивающе действует на нервную систему, а в сочетании с желтым благотворно влияет на настроение.

Синий и голубой цвета свежи и прозрачны, кажутся легкими, воздушными, обладают противомикробным действием. Под их воздействием уменьшается физическое напряжение, они могут регулировать ритм дыхания, успокаивать пульс. Однако следует помнить, что темно-синий цвет при длительном воздействии на человека может вызвать усталость и депрессию.

Черный цвет - мрачный и тяжелый, резко снижает настроение. Белый цвет - холодный, однообразный, способный вызвать апатию.

Разностороннее эмоциональное воздействие цвета на человека позволяет широко использовать его в гигиенических целях. Поэтому при оформлении интерьера производственного помещения цвет используют как композиционное средство, обеспечивающее гармоническое единство помещения и технологического оборудования, как фактор, создающий

оптимальные условия зрительной работы и способствующий повышению работоспособности; как средство информации, ориентации и сигнализации для обеспечения безопасности труда.

Поддержание рациональной цветовой гаммы в производственных помещениях достигается правильным выбором осветительных установок, обеспечивающих необходимый световой спектр. В процессе эксплуатации осветительных установок необходимо предусматривать регулярную очистку от загрязнений светильников и остекленных проемов, своевременную замену отработавшей свой срок службы лампы, контроль напряжений питания осветительной сети, регулярную и рациональную окраску стен, потолка, оборудования.

Сроки очистки светильников и остекления зависят от степени запыленности помещения: для помещений с незначительными выделениями пыли - 2 раза в год; со значительным выделением пыли - 4...12 раз в год. Для удобства и безопасности очистки осветительных установок применяют передвижные тележки, телескопические лестницы, подвесные люльки. При высоте подвеса светильников до 5 м допускается обслуживание их с приставных лестниц и стремянок. Очищать светильники следует при отключенном питании.