

Расчет производственного освещения

1. Методические указания

Освещение — это неотъемлемый элемент условий трудовой деятельности человека.

Под производственным освещением понимают систему устройств и мер, обеспечивающих благоприятную работу зрения человека и исключаящую вредное или опасное влияние на него в процессе труда. Чтобы человек мог выполнить зрительную работу, необходимы определенные характеристики света и зрения человека.

Основными количественными показателями света являются световой поток, сила света, освещенность и яркость.

Свет и, следовательно, зрительная информация об окружающем нас мире, воспринимается глазом человека, передается по зрительному нерву в мозг человека, в котором формируется субъективный зрительный образ. Основными показателями работоспособности глаза являются — контрастность, острота зрения, вероятность различения, время зрительного восприятия, поле зрения и ослепленность.

Все поле зрения человека, в зависимости от четкости различения деталей предметов, принято разбивать на 3 зоны:

- центрального зрения, где детали различаются четко;
- при неподвижном глазе можно опознать предмет без различения мелких деталей;
- периферическое зрение, где предметы только обнаруживаются.

Слепящее действие света на глаза называют — блескостью, чем больше блескость, тем больше человек теряет зрительные функции, т.е. перестает различать предметы.

За показатель слепящего действия принят коэффициент блескости, который характеризуется углом перекрытия светового потока источника света.

Рассмотренные характеристики работоспособности глаза взаимосвязаны и взаимозависимы. Одним из основных факторов благоприятного функционирования зрения является – достаточная яркость или освещенность рабочих поверхностей и участков.

Опыт показывает, что неудовлетворительное освещение вызывает перенапряжение зрения, утомляемость, глазные болезни, головные боли и может быть косвенной причиной производственного травматизма, т.е. оно может быть как вредным, так и опасным производственным фактором.

Плохо освещенные опасные зоны, слепящие прожектора и лампы, блики от них, резкие тени – ухудшают или вызывают полную потерю ориентации работников. Производительность труда и качество продукции находятся в прямой зависимости от освещения.

Поэтому достаточность и равномерность освещения, отсутствие излишней яркости, резких теней и контрастов - оптимальная экономическая необходимость осветительных приборов.

Значение освещенности рабочих мест:

- улучшает гигиенические условия труда;
- повышает культуру производства;
- снижает травматизм;
- повышает производительность труда.

В зависимости от источника света производственное освещение бывает трех видов:

- естественное, осуществляемое прямым и отраженным светом неба, проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях зданий;
- искусственное (электрические лампы или прожекторы);

- совмещенное, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Наиболее благоприятным для человека является естественное освещение, при котором, как установили физиологи, производительность труда рабочих на 10% выше, чем при искусственном.

Естественное освещение при работе в помещениях может быть:
боковым (при поступлении света через окна в наружных стенах),
верхним (через фонари в покрытии),
комбинированным (через окна и фонари).

Когда не хватает естественного освещения применяют искусственное.

Искусственное освещение разделяют на: рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное.

Искусственное освещение осуществляется с помощью расположенных в соответствующих местах разного рода светильников, оснащенных лампами (накаливания, люминесцентные, электродуговые).

Контроль освещенности рабочей поверхности осуществляют объективным люксметром в нескольких точках рабочей поверхности.

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);

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

освещенность E – поверхностная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока Φ , равномерно падающего на

освещаемую поверхность, к ее площади S (м^2): $E = \Phi/S$; измеряется в люксах (лк);

яркость L поверхности под углом α к нормали — это отношение силы света J_α , излучаемой освещаемой или светящейся поверхностью в этом направлении, к площади S проекции этой поверхности, на плоскость, перпендикулярную к этому направлению; $L = J_\alpha / (S \cos \alpha)$, измеряется в $\text{кд} \cdot \text{м}^{-2}$.

Для качественной оценки условий зрительной работы используют такие показатели как фон, контраст объекта с фоном, коэффициент пульсации освещенности, показатель освещенности, спектральный состав света.

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».

Нормирование освещения производственных помещений производится с учетом следующих требований:

- достаточность и равномерность освещения;
- отсутствие излишней яркости;
- отсутствие резких теней и контрастов;
- оптимальная экономичность осветительных систем.

При выборе схемы размещения светильников необходимо учитывать:

- энергетические, экономические, светотехнические характеристики схем размещения.

С помощью справочных таблиц выбирается целесообразная схема размещения светильников.

При проектировании искусственного освещения применяют 3 метода расчета:

1. точечный;
2. метод коэффициента использования светового потока;
3. метод расчета по удельной мощности.

Нормами (СП 52.13330.2011) регламентируются 7 градаций точности работ, выполняемых в производственном помещении (табл. 1):

Таблица 1

Характеристика разрядов точности зрительной работы

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы
Наивысшей точности	Менее 0,15	I
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV
Малой точности	Св. 1 до 5	V
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII
Общее наблюдение за ходом производственного процесса:		VII

Примечание: В условиях повышенной опасности травматизма нормы освещенности для 3-4 разрядов следует принимать соответственно по 2-3 разрядам.

При расчете осветительной установки принято вводить коэффициент запаса K_z , учитывающий снижение освещенности или яркости в процессе эксплуатации осветительной установки вследствие загрязнения и невосстанавливаемого изменения отражающих и пропускающих свойств оптических элементов осветительных приборов, спада светового потока и выхода из строя источников света (см. табл. 2)

Таблица 2

Значения коэффициента запаса K_z

Помещения	Коэффициент запаса	
	Люминесцентные лампы	Лампы накаливания
С большим выделением пыли, дыма, копоти (бетонные, камнедробильные заводы...)	2,0	1,7
Со средним выделением пыли, дыма, копоти (деревообрабатывающие заводы, механические цеха...)	1,8	1,5
С малым выделением пыли, дыма, копоти (конторы, проектные бюро...)	1,5	1,3
Открытые пространства	1,5	1,3

Расчет освещения в производственном помещении, исходя из норм по зрительной работоспособности и безопасности труда, осуществляется в следующей последовательности:

1. Исходя из особенностей технологического процесса и безопасности труда определить:

- а) категорию взрывопожароопасности помещения;
- б) характеристику среды помещения.

2. Исходя из данных пункта 1 определить:

- а) тип светильника;
- б) род проводки в зависимости от условий среды.

3. По характеру зрительной работы в цехе определить разряд зрительной работы и требуемую освещенность E в лк для системы общего освещения.

4. Определить требуемое количество ламп для освещения помещения по световому потоку по формуле:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{\Phi_{\text{л}} \cdot \eta}, \text{шт},$$

где:

E – наименьшая освещенность по нормам, лк;

S – площадь пола освещаемого помещения, м²;

K_3 – коэффициент запаса;

$\Phi_{\text{л}}$ – световой поток одной лампы, лм (табл. 3);

η – коэффициент использования светового потока относительно освещаемой поверхности (в зависимости от типа светильника, показателя помещения и коэффициентов отражения потолка и стен и составляет от 0,1 до 0,67).

Таблица 3

Значения светового потока ламп накаливания

Мощность лампы, Вт	Напряжение, В	Световой поток, лм
40	220	336
60	220	540
100	220	1000
150	220	1710
200	220	2510
300	220	4100
500	220	7560
750	220	12230
1000	220	17200

5. Определить мощность светильников цеха по формуле: $W_{\text{ц}} = n \cdot W_{\text{л}}$, Вт,

где $W_{\text{л}}$ — мощность лампы накаливания, Вт.

6. Определить силу тока, на которую должна быть рассчитана предохранительная вставка, по формуле:

$$I_{\text{пр}} = 1,2 \frac{W_{\text{ц}}}{U_{\text{л}}}, \text{ А},$$

где $U_{\text{л}}$ – напряжение лампы накаливания, 220 В.

7. Определить периодичность очистки светильников.

2. Пример расчета

Рассчитать искусственное освещение в производственном помещении исходя из норм по зрительной работоспособности и безопасности труда согласно следующим исходным данным:

Помещение – механический цех завода с технологической линией холодной обработки металла на металлообрабатывающих станках и прессах.

Освещение – рабочее, общее равномерное лампами накаливания (напряжение в сети 220В, мощность ламп 500Вт).

Размеры помещения: $S = 750 \text{ м}^2$, высота 4 м.

Недостающие исходные данные принять самостоятельно.

1. Исходя из особенностей технологического процесса и безопасности труда в цехе определяем:

Имеется необходимость смазки узлов и агрегатов станков и машин механического цеха горюче-смазочными материалами (ГСМ), но для хранения ГСМ используются соответствующие помещения расчетной категории взрывопожарной опасности. Объемы ГСМ находящиеся непосредственно в пределах цеха (внутри агрегатов и машин) малы по сравнению с площадью цеха, жидкие и твердые смазки не обладают испаряющей способностью и быстрым распространением по площади цеха при растекании. Режим работы цеха - холодный.

Согласно СП 12.13130.2009 "Определение категорий помещений , зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности" данные характеристики технологического процесса дают возможность отнести механический цех по взрывопожарной опасности к категории Д – пониженная пожароопасность.

Характеристика среды помещения (воздуха):

Производство связано с механообработкой металлов и сплавов строительных марок, поэтому на производстве отсутствуют (в пределах цеха) химические и токсические вещества.

Температура воздуха принимается нормальной для холодного цеха - 18-22⁰С, и регулируется климатическими системами в зависимости от времени года.

Средняя скорость движения воздуха находится в пределах 0,2-0,5м/сек и регулируется климатическими системами.

Учитывая характер производства, можно сделать вывод о нормальной относительной влажности воздуха в цехе - 40-60%.

Вывод: Характеристики среды отвечают нормальным (нормируемым) показателям (ГОСТ 12.1.005-88). Условия труда - благоприятные.

2. Исходя из данных пункта 1 определяем:

а) тип светильника - приняты подвесные светильники с лампами дневного света (разрядные лампы) или (по заданию) лампами накаливания равномерно распределенные по площади цеха (расположение по расчету освещения) и точечные светильники непосредственно на рабочих местах точной обработки заготовок.

б) проводка нормального исполнения в гофрированной пластиковой трубе по стальным кабельным эстакадам.

3. Разряд зрительной работы при обслуживании станков и прессов цеха металлообработки VI (СП 52.13330.2011) - грубая (очень малой точности), т.к.

наименьший размер объекта различения составляет более 5мм. Требуемая освещенность при системе общего освещения составляет $E = 200$ лк.

4. Определяем количество ламп накаливания по формуле:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot K_3}{\Phi_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 750 \cdot 1,3}{7560 \cdot 0,50} = 51,58 \text{ шт.},$$

где: $K_3 = 1,3$ – коэффициент запаса;

$\Phi_{\text{л}} = 7560$ лм – световой поток одной лампы (см. табл. 3).

$\eta = 0,50$ – коэффициент использования светового потока для светильника.

Принимаем $n = 52$ шт.

5. Определяем мощность светильников по формуле:

$$W_{\text{ц}} = n \cdot W_{\text{л}} = 52 \cdot 500 = 26000 \text{ Вт.}$$

6. Определяем силу тока, на которую должна быть рассчитана предохранительная вставка, по формуле:

$$I_{\text{пр}} = 1,2 \frac{W_{\text{ц}}}{U_{\text{л}}} = 1,2 \frac{26000}{220} = 141,8 \text{ А.}$$

7. Определяем периодичность очистки светильников на основании ПОТ Р М-006-97 "Межотраслевые правила по охране труда при холодной обработке металлов": при коэффициенте запаса для ламп накаливания 1,5 – нормами установлена периодичность очистки светильников не реже одного раза в квартал.

Учитывая близость нормативного коэффициента запаса принятому в расчете ($K_3 = 1,3$), окончательно можно принять данную периодичность очистки для механического цеха – 1 раз в 3 месяца.