

Освещение производственных помещений

1. Основные светотехнические понятия и определения

Рациональное освещение рабочих мест является одним из элементов благоприятных условий труда. Неправильное и недостаточное освещение может приводить к возникновению опасных и вредных производственных факторов на производстве. Наиболее комфортные условия труда обеспечиваются только естественным солнечным светом.

Для создания оптимальных условий зрительной работы расчетные характеристики системы освещения должны быть увязаны с цветовым окружением. Так, при светлой окраске интерьера благодаря увеличению количества отраженного света уровень освещенности повышается на 20 – 50% (при той же мощности источников света), резкость теней уменьшается, яркостной контраст между светильниками и поверхностями, на которых они размещаются, снижается, световые потоки равномерно распределяются по помещению.

Если интерьер окрашен в темные тона, то для создания хорошей освещенности необходимо использовать более мощные источники света, т.к. темные поверхности поглощают значительную часть светового потока. В результате создаются контрастные светотени, утомляющие глаза. Причиной утомляемости может быть также чрезмерная яркость поверхностей окружающих конструкций. Блестящие поверхности образуют световые блики, которые могут вызывать временное ослепление.

При чрезмерной яркости источников света и окружающих предметов появляются головные боли, резь в глазах, расстройство зрения. Неравномерность освещения и разная яркость окружающих предметов приводят к частой адаптации глаз во время работы, и, как следствие, к быстрому утомлению органов зрения. Поэтому хорошо освещенные поверхности, находящиеся в поле зрения, лучше окрашивать в светлые тона, коэффициент отражения которых находился бы в пределах 30 – 60%.

Известно, что полное отсутствие оттенков в помещении, наличие только белого – черного также утомляет зрение, как и множество ярких цветов. По-

этому, прежде чем проектировать цветовое оформление помещения, необходимо знать вид деятельности, который будет в нем осуществляться. После чего для каждого конкретного помещения определяется одна из цветовых гамм (А, Б, В).

Цветовая гамма А содержит возбуждающие цвета (в основном красные) и используется в тех помещениях, где необходимо взбодрить человека, восполнить дефицит эмоций, двигательной активности.

Гамма Б включает в свой состав тонизирующие цвета - оранжевый, желтый, травяные и лиственные оттенки зеленого и применяется там, где не требуется духовно воздействовать на человека, но нужно добиться максимальной его работоспособности, деловой активности.

Гамму В представляют успокаивающие цвета – синий, зелено-голубой, голубой. В эти цвета следует оформлять деловые помещения (кабинеты администрации, приемные, вестибюли).

Цветом можно также компенсировать некоторые недостатки помещения, например, избыток тепла компенсируют синий и голубой цвета; в холодных помещениях желательное присутствие теплой гаммы цветов; белый цвет рекомендуется для помещений с избыточной влажностью; более насыщенные и контрастные цвета нужны для пыльных помещений, т.к. пыль «съедает» цвет, делает его мягче; в многолюдных помещениях желательна спокойная гамма цветов, способствующая снижению утомляемости. Запахи также можно нейтрализовать цветом, например, зеленый, синий, голубой с белым и черным приглушают сладкие запахи, горькие нейтрализуются теплой цветовой гаммой, очень неприятный запах «тонет» в белом, светло-голубом, светло-сером.

В зависимости от спектрального состава светового потока, излучаемого источником света, цвета окружающих поверхностей воспринимаются по-разному. В связи с этим, при создании комфортного светоцветового климата в помещении наряду с правильным решением цветового окружения большое значение имеет правильный выбор источников света.

Для гигиенической оценки освещенности используются качественные и количественные светотехнические показатели, принятые в физике.

К основным количественным показателям относятся лучистый и световой потоки, сила света, видность, освещенность, коэффициент отражения и яркость. К качественным показателям следует отнести фон, видимость, контраст.

Видимое излучение – участок спектра электромагнитных колебаний в диапазоне длин волн от 380 до 770 нм, воспринимаемый человеческим глазом.

Лучистый поток (Φ) – это мощность лучистой энергии электромагнитного поля в оптическом диапазоне волн и измеряется в ваттах.

Световой поток (F). Видимое излучение, оцениваемое по световому ощущению, которое оно производит на человеческий глаз, называется *световым излучением*, а мощность такого излучения – световым потоком. За единицу светового потока принят люмен (лм), который имеет размерность кандела \times стерадиан (кд \times ср).

Видность (V) – отношение светового потока к лучистому. Максимальная видность $V_{\text{макс}}$ при длине волны 554 нм составляет 683 лм/Вт. Видность излучения характеризует чувствительность глаза человека к различным составляющим светового спектра.

Сила света (J). Обычно источники света излучают световой поток неодинаково в различных направлениях. Для оценки светового потока в определенном направлении используется понятие силы света, которая представляет собой отношение светового потока к телесному углу:

$$J = \frac{\Phi}{\omega},$$

где Φ – световой поток, лм; ω – телесный угол (угол с площадью круга на поверхности сферы, равной квадрату радиуса данной сферы), стерадиан, (ср).

За единицу силы света принимается кандела (кд), которая равна 1 лм/ср. Кандела является основной светотехнической единицей, устанавливаемой по специальному эталону.

Оба приведенных показателя (световой поток и сила света) являются пространственными величинами.

Яркость поверхности (L). Видимость предмета человеческим глазом зависит от той части светового потока, которая, отражаясь от освещаемой поверхности, падает на сетчатку глаза.

Яркость поверхности в данном направлении – это отношение силы света, излучаемого поверхностью в этом же направлении, к проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению. За величину яркости принят нит (нт), который имеет размерность 1 кд/м^2 :

$$L = \frac{J}{S \cdot \cos \alpha},$$

где J – сила света, кд; α – угол между нормалью к светящейся поверхности и данным направлением, град; S – площадь, м^2 .

Яркость поверхности зависит от силы света, угла падения светового потока на плоскость, цвета поверхности и т.д.

Установки искусственного освещения имеют такие дополнительные характеристики, как степень слепящего действия источника света, пульсация, спектр света.

Освещенность (E). Этот показатель характеризуется плотностью светового потока на единицу площади и выражается в люксах (лк). Световой поток в 1 лм на 1 м^2 плоской поверхности равен 1 лк:

$$E = \frac{\Phi}{S}.$$

Освещенность в 1 лк не позволяет выполнять большинство видов работ (для сравнения – освещенность поверхности Земли в лунную ночь составляет примерно 0,2лк, а в солнечный день доходит до 100000 лк).

Контраст объекта различия с фоном (K) характеризуется как процентное отношение абсолютной величины разности между яркостью объекта различения и фона к яркости фона. Оценивается контраст как малый – до 0,2 (объект

и фон мало отличаются по яркости); средний – 0,2-0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости) и большой – свыше 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости).

Коэффициент отражения (ρ) характеризует способность поверхности отражать падающий на нее световой поток. Он определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока к падающему на нее световому потоку.

При работе газоразрядных ламп обычно их световой поток пульсирует. Критерием оценки изменения освещенности поверхности вследствие периодического изменения во времени светового потока источника света является *коэффициент пульсации освещенности* ($K_{п}$), который можно определить по формуле

$$K_{п} = 100(E_{\max} - E_{\min}) / 2E_{\text{ср}},$$

где E_{\max} , E_{\min} , $E_{\text{ср}}$ – соответственно максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период ее колебаний.

Фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается светлым при коэффициенте отражения поверхности более 0,4; средним – при коэффициенте отражения поверхности 0,2-0,4; темным – менее 0,2.

Показатель ослепленности (P) – это критерий оценки слепящего действия источников света, вычисляется по формуле:

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

где V_1 – видимость объекта различения при экранированном источнике света; V_2 – видимость при разэкранированном источнике света.

Видимость V – величина, комплексно характеризующая зрительные условия работы. Она зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном и др. Оценивается видимость числом пороговых контрастов $K_{\text{пор}}$, содержащихся в действительном $K_{\text{д}}$ контрасте:

$$V = K_{\text{д}} / K_{\text{пор}}$$

Пороговый контраст – наименьший различимый глазом контраст.

Следует отметить, что на глаз действуют совместно как качественная, так и количественная характеристики света, обеспечивающие определенную степень работоспособности человека.

2. Естественное освещение, его нормирование и расчет

Для проведения большинства видов работ наиболее рациональным является естественный дневной свет, т. к. он обладает в отличие от искусственного биологической активностью, т.е. способен активизировать биохимические процессы в организме, тонизировать его, убивать патогенные организмы.

Естественное освещение производственных помещений может быть следующих видов (рис. 1):

- боковым (одно-, двух- и многосторонним) – через окна в наружных стенах;
- верхним – через световые фонари в перекрытии или кровле;
- комбинированным – через световые фонари и окна.

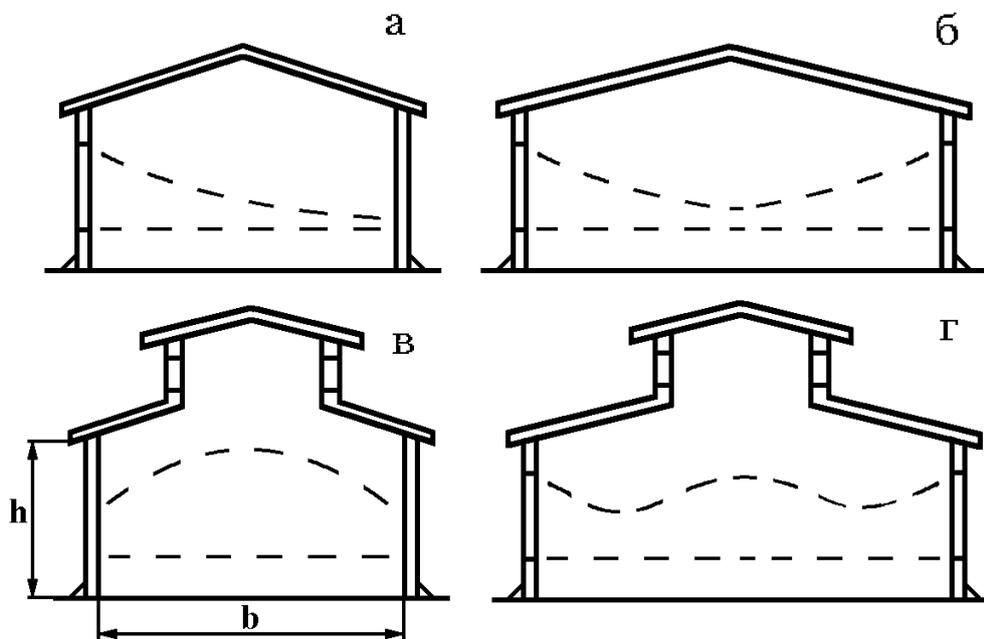


Рис. 1. Схема расположения световых проемов и освещения помещений:

а – боковое одностороннее освещение (при $b < 12$ м); б – боковое двухстороннее (при $b > 12$ м); в – верхнее (при $b > 5h$); г – комбинированное

Верхнее освещение используется главным образом в многопролетных зданиях, где с помощью бокового освещения удастся осветить лишь прилегающие к наружным стенам участки производства.

Для освещения рабочих мест, удаленных от оконных световых проемов, а также для естественной вентиляции помещений цехов устраивают специальные фонари - остекленные надстройки покрытия (рис.2).

В зависимости от поперечного профиля в производственных зданиях применяются следующие типы фонарей: световые (аэрационные и светоаэрационные) и зенитные.

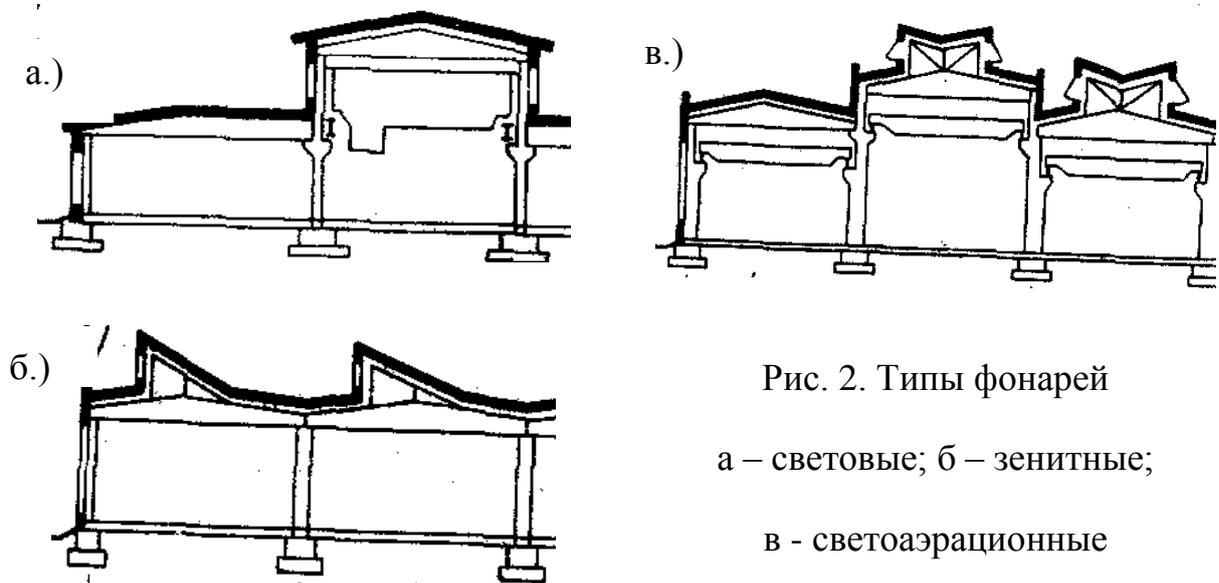


Рис. 2. Типы фонарей

а – световые; б – зенитные;

в - светоаэрационные

Фонари должны быть незадуваемыми. Длина фонарей должна составлять не более 120 м. Расстояние между торцами фонарей и между торцом фонаря и наружной стеной должно быть не менее 6 м (рис.3). Открывание створок фонарей должно быть механизированным (с включением механизмов открывания у выходов из помещений), дублированным ручным управлением.

Открывающиеся зенитные фонари, учитываемые в расчете дымоудаления, должны быть равномерно размещены по площади покрытия.

Под остеклением зенитных фонарей, выполняемых из листового силикатного стекла, стеклопакетов, профильного стекла, а также вдоль внутренней стороны остекления прямоугольных светоаэрационных фонарей следует устанавливать защитные металлические сетки.

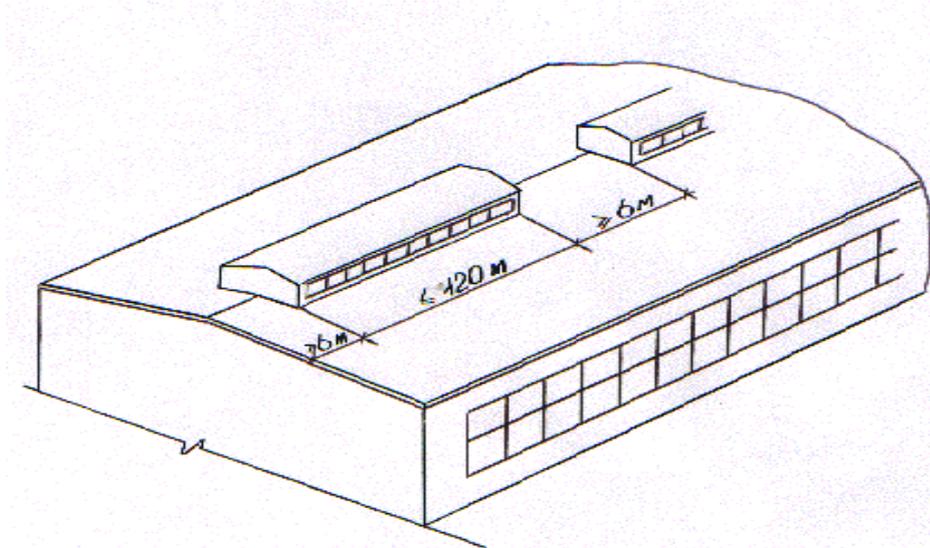


Рис.3. Расположение фонарей

Зенитные фонари со светопропускающими элементами из полимерных материалов (органического стекла, полиэфирных стеклопластиков и др.) допускается применять только в зданиях I и II степеней огнестойкости в помещениях категорий Г и Д с покрытиями из негорючих или трудногорючих материалов и рулонной кровлей, имеющей защитное покрытие из гравия. Общая площадь светопропускающих элементов таких фонарей не должна превышать 15% общей площади покрытия, площадь проема одного фонаря - не более 10 м^2 , а удельная масса светопропускающих элементов - не более 20 кг/м^2 .

Расстояние (в свету) между зенитными фонарями со светопропускающими элементами из полимерных материалов должно составлять при площади световых проемов до 5 м^2 - не менее 4 м, от 5 до 10 м^2 - не менее 5 м.

Между зенитными фонарями со светопропускающими заполнениями из полимерных материалов в продольном и поперечном направлениях покрытия здания через каждые 54 м должны устраиваться противопожарные разрывы шириной не менее 6 м. Расстояние по горизонтали от противопожарных стен до зенитных фонарей со светопропускающими заполнениями из полимерных материалов должно составлять не менее 5 м.

Кроме световых фонарей на многих промышленных предприятиях в настоящее время используются специальные светопрозрачные покрытия в кровле здания. Они могут выполняться в виде стеклоблоков, светопрозрачных колпаков, линз и т. п.

Помещения с постоянным пребыванием людей должны, как правило, обеспечиваться естественным освещением.

Следует отметить, что естественное освещение имеет резкие колебания уровня освещенности, меняющегося в течение светового дня и по временам года, в зависимости от погодных условий и ряда других факторов.

Непостоянство естественного освещения во времени вызывает необходимость введения *КЕО* (*коэффициент естественной освещенности*).

КЕО является величиной постоянной и в упрощенном виде представляет собой процентное отношение освещенности определенной точки помещения к одновременной освещенности точки, находящейся на горизонтальной плоскости вне помещения и освещенной рассеянным светом всего небосвода.

Естественное освещение производственных помещений нормируется величиной КЕО в зависимости от характера зрительной работы (разряда зрительной работы) и вида освещения.

Нормативные значения КЕО для каждого разряда зрительной работы приведены в СНБ 2.04.05-98. Величина КЕО используется при расчетах величины световых проемов в проектируемых зданиях. Кроме того, он применяется в качестве оценки пригодности помещения для выполнения работ заданной точности.

В небольших помещениях при одностороннем боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов), а при двустороннем боковом освещении – в точке по середине помещения. В крупногабаритных производственных помещениях при боковом освещении

нии минимальное значение КЕО нормируется в точке, удаленной от световых проемов:

- на 1,5 высоты помещения для работ I-IV разрядов;
- на 2 высоты помещения для работ V-VII разрядов;
- на 3 высоты помещения для работ VIII разряда.

При верхнем или комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

Допускается деление помещения на зоны с боковым освещением (зоны, примыкающие к наружным стенам с окнами) и зоны с верхним освещением. Нормирование и расчет естественного освещения в каждой зоне производится независимо.

В производственных помещениях со зрительной работой I-III разрядов следует устраивать совмещенное освещение. Допустимо применение верхнего естественного освещения в многопролетных цехах, в которых работы выполняются в значительной части объема помещения на разных уровнях от пола и на различно ориентированных в пространстве рабочих поверхностях. При этом нормированные значения КЕО принимаются для разрядов I-III соответственно 10, 7, 5 %.

Нормированные значения КЕО, e_n , для зданий, располагаемых в различных районах, следует определять по формуле

$$e_n = e_H \cdot m_n,$$

где e_H – значение КЕО по табл. 2.18; m_n – коэффициент светового климата (принимается для Брестской области равным 0,9, для остальной части РБ – 1).

Расчет естественного освещения в производственном помещении заключается в определении требуемой площади боковых проемов (окон) или верхних

фонарей, которая бы обеспечивала нормативную освещенность (величину КЕО) для выполнения определенного разряда зрительной работы. Для этого могут быть использованы следующие формулы:

- для расчета бокового освещения

$$S_o = S_{\text{п}} e_{\text{мин}} K \eta_o / 100 \tau_o \Gamma_1;$$

- для расчета верхнего освещения

$$S_{\text{ф}} = S_{\text{п}} e_{\text{ср}} \eta_{\text{ф}} / 100 \tau_o \Gamma_2,$$

где S_o и $S_{\text{ф}}$ - площадь окон и фонарей соответственно, м^2 ; $S_{\text{п}}$ - площадь освещаемой поверхности (пола), м^2 ; $e_{\text{мин}}$ - нормированное максимальное значение КЕО для данного помещения при боковом освещении, %; $e_{\text{ср}}$ - нормированное среднее значение КЕО при верхнем освещении, %; K - коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями, (1,1 - 1,7); η_o и $\eta_{\text{ф}}$ - соответственно световая характеристика окна и фонаря Γ_1 - коэффициент, учитывающий влияние отраженного света при боковом освещении (1,2 - 4); Γ_2 - коэффициент, учитывающий влияние отраженного света при верхнем освещении (1,1 - 1,9); τ_o - общий коэффициент светопропускания, выбирается в пределах значений 0,2 - 0,6 в зависимости от вида помещений и их характеристики по условиям загрязнения воздуха, а также от типа переплетов и их остекления.

В соответствии с СанПиН 9 - 94 РБ 98 организация постоянных рабочих мест без естественного освещения, если это не определяется требованиями технологии, запрещается. Очистка стекол световых проемов должна осуществляться в сроки: не реже 2 раз в год для помещений с незначительными выделениями пыли, дыма и копоти и не реже 4 раз в год для помещений со значительными их выделениями. Световые проемы не допускается загромождать производственным оборудованием, готовыми изделиями, полуфабрикатами и т.п. как внутри, так и вне зданий.

2.3.3. Искусственное освещение, его нормирование и расчет

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых недостаточно естественного света, или для освещения помещения в часы суток, когда естественная освещенность отсутствует.

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

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

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

Эвакуационное освещение – освещение, предназначенное для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения. Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов и на ступенях лестниц: в помещениях – 0,5 лк, на открытых территориях – 0,2 лк.

Освещение безопасности – освещение, необходимое для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения. Оно предусматривается в случаях, когда отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать взрыв, пожар, отравление людей, длительный сбой технологического процесса, нарушение работы объектов, обеспечивающих жизнедеятельность населения. Освещение безопасности должно обеспечивать на рабочих поверхностях наименьшую освещенность в размере 5 % от рабочего, но не менее 2 лк внутри здания и 1 лк – на территории предприятия.

Дежурное освещение предназначено для освещения помещений в нерабочее время.

Охранное освещение предусматривается вдоль границ территорий предприятия, охраняемых в ночное время. При этом освещенность должна быть не менее 0,5 лк.

Искусственное освещение обеспечивается системами общего или комбинированного освещения.

Общее освещение подразделяется на *общее равномерное*, которое устраивается без учета расположения рабочих мест, и *общее локализованное*, при котором размещение светильников связано с расположением оборудования и рабочих мест. При первом – высота подвески светильников, тип светильников, мощность ламп и т.д. принимаются одинаковыми, при втором – перечисленные характеристики могут быть различными.

Если по характеру выполняемой работы требуется усиленное освещение рабочего места, а общего освещения недостаточно, то в этом случае устраивается дополнительное *местное освещение*. Одновременное общее и местное освещение носит название "*комбинированное*".

При искусственном освещении рабочих мест нормируется минимальная освещенность рабочей поверхности в зависимости от разряда и подразряда выполняемой работы. Нормативные значения минимальной освещенности приведены в СНБ 2.04.05-98 и табл. 1.

Нормы освещенности, приведенные в табл. 1, следует повышать на одну ступень шкалы освещенности в следующих случаях:

- а) при работах I – VI разрядов, если зрительная работа выполняется более половины рабочего дня;
- б) при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 150 лк и менее (работа на дисковых пилах, гильотинных ножницах и т.п.);
- в) при специальных повышенных санитарных требованиях (например, на предприятиях пищевой и химико-фармацевтической промышленности), если освещенность от системы общего освещения – 500 лк и менее;
- г) при работе или производственном обучении подростков, если освещенность от системы общего освещения – 300 лк и менее;

д) при отсутствии в помещении естественного света и постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения – 750 лк и менее;

е) при наблюдении деталей, вращающихся со скоростью, равной или более 5000 об/мин, или объектов, движущихся со скоростью, равной или более 1,5 м/мин;

з) в помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

При наличии одновременно нескольких признаков нормы освещенности следует повышать не более чем на одну ступень. В помещениях, где выполняются работы IV-VI разрядов, их нужно снижать на одну ступень при кратковременном пребывании людей или при наличии оборудования, не требующего постоянного обслуживания.

При выполнении в помещениях работ I-III, IVа, IVб, IVв, Va разрядов следует применять систему комбинированного освещения. Предусматривать систему общего освещения допускается при технической невозможности или нецелесообразности устройства местного освещения, что конкретизируется в отраслевых нормах освещения, согласованных с органами Государственного санитарного надзора.

Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять не менее 10 % нормируемой для комбинированного освещения при тех источниках света, которые применяются для местного освещения. При этом освещенность должна быть не менее 200 лк при газоразрядных лампах, не менее 75 лк – при лампах накаливания.

В помещениях без естественного света освещенность рабочей поверхности, создаваемую светильниками общего освещения в системе комбинированного, следует повышать на одну ступень. Отношение максимальной освещенности к минимальной не должно превышать для работ I-III разрядов при люминесцентных лампах 1,3, при других источниках света – 1,5, для работ разрядов IV-VII – 1,5 и 2,0 соответственно.

В производственных помещениях освещенность проходов и участков, где работа не производится, должна составлять не более 25 % от нормируемой освещенности, создаваемой светильниками общего освещения, но не менее 30 лк при лампах накаливания.

Таблица 1.
Нормативные значения минимальной освещенности производственных помещений

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение		Естественное освещение		Совмещенное освещение		
						Освещенность, лк		КЕО, e_H , %				
						при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
						всего	в том числе					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	a	Малый	Темный	5000 4500	500 500	– –	–	–	6,0	2,0
			б	Малый Средний	Средний Темный	4000 3500	400 400	1250 1000				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500 2000	300 200	750 600				
			г	Средний Большой "	Светлый " Средний	1500 1250	200 200	400 300				
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	a	Малый	Темный	4000 3500	400 400	– –	–	–	4,2	1,5
			б	Малый Средний	Средний Темный	3000 2500	300 300	750 600				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000 1500	200 200	500 400				
			г	Средний Большой "	Светлый " Средний	1000 750	200 200	300 200				

Продолжение табл. 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Высокой точности	От 0,15 до 0,30	III	а	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	-	-	3,0	1,2
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000 750	200 200	300 200				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 600	200 200	300 200				
			г	Средний Большой "	Светлый " Средний	400	200	200				
Средней точности	Свыше 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200	300	4	1,5	2,4	0,9
			б	Малый Средний	Средний Темный	400	200	200				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	500	200	200				
			г	Средний Большой "	Светлый " Средний	-	-	200				
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	а	Малый	Темный	400	200	300	3	1	1,8	0,6
			б	Малый Средний	Средний Темный	-	-	200				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	-	-	200				
			г	Средний Большой "	Светлый " Средний	-	-	200				

Окончание табл. 1.

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

Совмещенное освещение представляет собой одновременное использование для освещения рабочих поверхностей в течение светового дня естественного и искусственного освещения. Оно применяется в помещениях, в которых выполняются работы I–III разрядов, а также в помещениях, где естественного освещения недостаточно, а фактический коэффициент естественной освещенности составляет 80 % и менее от нормативного при боковом освещении, 50 % и менее – при верхнем освещении. Значение КЕО для помещений с совмещенным освещением не может быть меньше определенной величины. Нормативные значения КЕО для таких помещений приведены в СНБ 2.04.05-98 и табл. 2.

При совмещенном освещении используется система общего искусственного освещения. Освещенность рабочих поверхностей при совмещенном освещении должна быть не ниже нормативных значений соответствующего искусственного освещения.

В табл. 2. представлены рекомендуемые требования по освещению различных помещений.

Таблица 2.
Нормируемая освещенность производственных участков

Помещения и производственные участки, оборудование, сооружения	Рабочая поверхность и плоскость, на которой нормируется освещенность (Г – горизонтальная, В – вертикальная)	Разряд зрительной работы по табл. 2.18	Нормируемая освещенность, лк		
			при общем освещении	при комбинированном освещении	
				всего	от общего
1	2	3	4	5	6
I. Склады, кладовые металла, запасных частей, ремонтного фонда, готовой продукции, деталей, ожидающих ремонта, инструментальные	Г – пол	VIIIб	75	–	–

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
2. Склады громоздких предметов и сыпучих материалов (песка, цемента и т.п.)	Г – пол	VIIIб	75	–	–
3. Грузоподъемные механизмы (кран-балки, тельферы, мостовые краны и т.п.):					
– в помещении	Г, В – пульт управления	VIIIв	50	–	–
	В – крюк крана, площадки приема и подачи оборудования и деталей	VIIIв	50		
– вне зданий	Г, В – пульт управления	X	30	–	–
	В – крюк крана	XII			
	Г – площадки приема и подачи оборудования, материалов, деталей	XII			
4. Пульты и щиты управления:					
а) в помещениях:					
– с измерительной аппаратурой	Г (0,8 м), В (1,5 м) – шкалы приборов	IVГ*	150	–	–
– без измерительной аппаратуры	Г (0,8 м) В (1,5 м) – рычаги, рукоятки, кнопки	VI*)	150	–	–
б) вне зданий	В (1,5 м) – рычаги, рукоятки, кнопки	IX	50	–	–
5. Машинные залы насосных (технологические, по перекачке воды, насосные станции и т.п.), воздуховодные:	Г – 0,8 м от пола		200		
а) с постоянным дежурством персонала	В – на шкалах приборов контроля	IVГ*	150		
	Г – стол машиниста	IIIг	200	400	200

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	
б) без постоянного дежурства персонала	Г – 0,8 м от пола	IVГ*	150	–	–	
	В – на шкалах приборов контроля		150			
6. Деревообрабатывающий участок	Г – 0,8 м от пола	Шб	200			
	Г – зона обработки, разметочная плита		–	1000	200	
7. Слесарно-механический участок	Г – 0,8 м от пола		300	–	–	
8. Металлорежущие станки:						
	– токарные, токарно-затыловочные, резьботокарные, координатно-расточные, резьбошлифовальные, заточные, зубообрабатывающие, резьбонакатные;	Г – зона обработки	Пв	–	2000	200
	– токарно-револьверные, токарно-винтовые, плоскошлифовальные, круглошлифовальные, внутришлифовальные	Г – зона обработки	Гг	–	1500	200
	– фрезерные	Г – зона обработки	Пв	–	2000	200
	– токарно-карусельные	То же	Гг	–	1500	200
	– продольно-строгальные	То же	Пг	–	1000	200
	– поперечно-строгальные	То же	Гг	–	1500	200
	– лоботокарные, сверлильные	То же	Пг	–	1000	200
– долбильные, протяжные, обрезные	То же	Шв	–	750	200	

- Освещенность снижена на ступень шкалы, так как оборудование не требует постоянного обслуживания или вследствие кратковременного пребывания людей в помещении.

Существует несколько методов расчета искусственного освещения – метод удельной мощности (метод ватт), точечный метод (метод изолюкс) и метод коэффициента использования.

Метод удельной мощности используется для ориентировочной оценки искусственного освещения в производственном помещении, а также для расчета аварийного освещения.

Расчет основан на зависимости средней горизонтальной освещенности помещения от суммарного светового потока источников света и от размеров помещения. Так как световой поток источников зависит от их мощности, то по величине так называемой удельной мощности (количество энергии в ваттах на единицу освещаемой поверхности) можно ориентировочно судить об освещенности помещения.

При использовании в осветительной установке ламп накаливания метод ватт применяют следующим образом: определяют суммарную мощность всех источников света и площадь помещения; путем деления первой величины на вторую находят удельную мощность; далее по табл. 2.20 находят минимальную освещенность, которую могут обеспечить лампы данной мощности при величине удельной мощности 10 Вт/м^2 и вычисляют искомую освещенность по формуле:

$$E_{\text{иск}} = P E_{\text{табл}} / 10 K,$$

где $E_{\text{иск}}$ - искомая средняя горизонтальная освещенность, лк; P - удельная мощность световой установки, Вт; $E_{\text{табл}}$ - освещенность, принимаемая по табл. 3 лк; K - коэффициент запаса.

Таблица 3.

Значения минимальной горизонтальной освещенности при удельной мощности 10 Вт/м^2

Мощность лампы, Вт	Значение освещенности без учета коэффициента запаса, лк			
	напряжение в сети 110 – 127 В		напряжение в сети 220 В	
	прямой свет	отраженный свет	прямой свет	отраженный свет
40	26	16,5	23	19,5
60	29	25	25	21
100	35	30	27	23
150	39,5	34	31	26,5
200	41,5	35,5	34	29,5
300	44	38	37	32
500	48	41	41	35

Этот метод используется при условии оптимального размещения светильников в помещении.

Так как точные данные зависимости освещенности от удельной мощности люминесцентных ламп отсутствуют, при их использовании можно применять следующие ориентировочные данные: освещенность в 100 лк соответствует удельной мощности 10 Вт/ м², а в больших помещениях она несколько меньше, порядка 7 Вт/ м².

Точечный метод используют при расчете освещенности при равномерном распределении светильников разной мощности по помещению, а также при локализованном размещении светильников. Принцип расчета заключается в использовании графиков пространственных изолюкс условной горизонтальной освещенности, т. е. кривых одинаковой освещенности. Указанные графики позволяют определить условную относительную освещенность, т. е. освещенность, которая создавалась бы светильником в заданной высоте подвеса и лампе со световым потоком в 1000лм.

При необходимости определения освещенности на горизонтальных рабочих поверхностях при равномерном распределении светильников с симметричной светоотдачей расчет может быть проведен *методом коэффициента использования*.

Расчет осветительных установок по этому методу с лампами накаливания производится по следующей формуле:

$$E = FN\eta_z / S K,$$

Для установок с люминесцентными лампами используется та же формула, но с учетом количества ламп в каждом светильнике:

$$E = FN\eta zn / S K,$$

где E – минимальная освещенность, лк; F – световой поток одной лампы, лм; N – количество светильников, шт; η – коэффициент использования осветительной установки, зависящий от типа светильников, показателя (индекса помещения), отраженности и т.д., находится в пределах 0,55 – 0,60; z – поправочный коэффициент светильника, (для стандартных светильников 1,1 – 1,3); S – площадь помещения, м²; K – коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности при эксплуатации (1,1 – 1,3); n – количество ламп в светильнике (для люминесцентных ламп).

В соответствии с СанПиН 9 – 94 РБ 98 светильники искусственного освещения должны содержаться в чистоте и исправности. Чистка светильников должна проводиться не реже:

- в помещениях с большим выделением пыли, дыма или копоти – 4 раза в месяц;
- в помещениях со средним выделением пыли, дыма или копоти – 3 раза в месяц;
- в помещениях с малым выделением пыли, дыма или копоти – 2 раза в месяц;
- на открытых пространствах – не реже 3 раз в год.

Для измерения освещенности помещений чаще всего используются люксметры типа Ю-116 и Ю-117. Принцип их действия основан на фотоэлектрическом эффекте, т.е. преобразовании световой энергии в электрическую. Люксметр состоит из фотоэлемента, соединенного с милливольтметром. Шкалы последнего проградуированы в люксах с пределами измерений: нижняя – от 0 до 30 лк, верхняя – от 0 до 100 лк. Увеличение пределов измерений осуществляется за счет применения насадок, которые надеваются на фотоэлемент. В комплект входят три насадки с коэффициентами ослабления: $M = 10$, $P = 100$, $T = 1000$. Перечисленные насадки применяются вместе с матовой полусфериче-

ской насадкой "К". Благодаря применению насадок с помощью люксметров типа Ю-116 и Ю-117 можно измерять освещенность до 100000 лк.

В настоящее время в России производятся приборы для измерений различных параметров световой среды серии АРГУС. Приборы этой серии состоят из небольшого индикаторного блока и измерительной головки, в которой расположен первичный преобразователь, превращающий поток излучения в электрический сигнал. В дальнейшем электрический сигнал преобразуется в цифровое значение и индицируется на цифровом табло.

В частности, портативный люксметр АРГУС -01 предназначен для измерения естественной и искусственной освещенности с пределом допускаемой относительной погрешности 8%. В качестве первичного преобразователя в этом приборе используется кремниевый фотодиод с системой светофильтров.

Яркомер АРГУС -02 предназначен для измерения яркости протяженных объектов с погрешностью 10%.

Выпускаются также различные приборы этой серии для измерения коэффициента пульсаций излучения искусственного освещения (АРГУС – 07), энергетической освещенности различных объектов (АРГУС-03), УФ-излучения (АРГУС-04,-05,-06) и другие.

Для определения освещенности помещений в люксах и яркости в Кд/м² можно также использовать украинский фотометр цифровой типа ТЕС0693. Диапазон измерения освещенности этим прибором составляет 10-10⁵ лк, яркости несамосветящихся объектов – 10-2·10⁵ кд/м². Погрешность при определении этих величин составляет 5-10 %.

2.3.4. Характеристика источников света и светильников

В качестве источников света в современных осветительных установках используются лампы накаливания, галогенные и газоразрядные лампы.

В лампах накаливания свечение возникает при нагревании вольфрамовой нити накала до высокой температуры. Производятся различные типы ламп накаливания: вакуумные (НВ), газонаполненные (как правило, наполнителем

является смесь аргона и азота) биспиральные (НБ), с криптоксеноновым наполнением (НБК), зеркальные с диффузно отражающим слоем и другие.

Лампы накаливания просты в изготовлении, удобны в эксплуатации, не требуют дополнительных устройств для включения в сеть. Недостатками их являются низкая световая отдача (от 7 до 20 лм/Вт) при большой яркости нити накала, высокая температура поверхности колбы лампы, низкий КПД (10 – 13%), ограниченный срок службы (до 1000ч). Лампы дают непрерывный спектр, отличающийся от спектра дневного света преобладанием желтых и красных лучей, что в какой-то степени искажает восприятие человеком окружающих предметов.

Галогенные (галогидные) лампы накаливания наряду с вольфрамовой нитью содержат в колбе пары того или иного галогена, например, иода, что позволяет повысить температуру накала нити и практически исключить испарение вольфрама. Они имеют более продолжительный срок службы (до 3000 ч) и более высокую светоотдачу (до 40 лм/Вт).

Все большее распространение получают лампы накаливания с йодным циклом – галогидные лампы, которые имеют лучший спектральный состав света и хорошие экономические характеристики. Образующиеся при работе такой лампы пары вольфрама соединяются с иодом и вновь оседают на вольфрамовую спираль, препятствуя ее распылению.

Газоразрядные лампы излучают свет в результате электрического разряда в парах и газах. На внутреннюю поверхность стеклянной трубки наносится тонкий слой люминофора, который преобразует ультрафиолетовое излучение газового электрического разряда в видимый свет. Различают газоразрядные лампы низкого (люминесцентные) и высокого давления.

Люминесцентные лампы создают в помещениях искусственный свет, приближающийся по спектру к естественному, т.е. они более благоприятны для человека с гигиенической точки зрения.

Кроме того, такие лампы имеют высокую светоотдачу (до 110 лм/Вт), т.е. в 3 – 5 раз экономичнее ламп накаливания и большой срок службы (до 14000ч). Свечение происходит со всей поверхности трубки, а следовательно, яркость и слепящее действие люминесцентных ламп значительно ниже ламп накаливания. Низкая температура поверхности колбы делает лампу относительно пожаробезопасной.

Однако газоразрядные лампы имеют свои недостатки: пульсация светового потока, вызывающая *стробоскопический эффект* (искажение зрительного восприятия объектов различения – вместо одного предмета видны изображения нескольких, а также искажаются направление и скорость движения, что повышает опасность производственного травматизма и делает невозможным выполнение некоторых производственных операций); дорогостоящая и относительно сложная схема включения лампы в сеть, требующая регулирующих пусковых устройств (дрессели, стартеры); значительная отраженная блескость; чувствительность к колебаниям температуры окружающей среды (оптимальная температура 20 – 25⁰С – повышение и понижение температуры вызывает снижение светового потока); чувствительность к колебаниям напряжения в сети (снижение напряжения в сети на 10 – 15 % приводит к резкому снижению светового потока либо к погасанию лампы).

От газоразрядных ламп можно получить световой поток практически в любой части спектра. Это достигается соответствующим подбором люминофора и состава инертных газов и паров металлов, в атмосфере которых происходит разряд.

В зависимости от состава люминофора и особенностей конструкции различают несколько типов ламп с разным спектральным составом света: лампы белого света (ЛБ), дневного света (ЛД), дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ), тепло-белого света (ЛТБ), холодного света (ЛХБ) и другие. Лампы ЛХБ, ЛД и особенно ЛДЦ используются в случаях, когда выполняемая работа требует высокого уровня цветоразличения.

Для освещения открытых пространств, территорий предприятий, улиц, высоких (более 6 м) производственных помещений используются газоразрядные лампы высокого давления. К ним относятся дуговые ртутные люминесцентные лампы типа ДРЛ, галогенные лампы ДРИ (дуговые ртутные с иодидами), ксеноновые лампы сверхвысокого давления ДКсТ (дуговые ксеноновые трубчатые), натриевые лампы ДНаТ (дуговые натриевые трубчатые) и т.д. Эти лампы в отличие от люминесцентных ламп низкого давления сосредотачивают в небольшом объеме значительную электрическую и световую мощность. Они выпускаются мощностью от 80 до 2000 Вт и могут эксплуатироваться при любой температуре окружающей среды. Эти лампы можно устанавливать в обычных светильниках взамен ламп накаливания.

Недостатком ламп типа ДРЛ является длительность разгорания (3 – 7 минут) при их включении. Этот недостаток отсутствует у ламп ДКсТ и ДНаТ.

Качественные показатели освещения в производственных помещениях во многом определяются правильным выбором *осветительных приборов*, представляющих собой совокупность источников света и осветительной арматуры. Основное назначение последней заключается в перераспределении светового потока источников света в требуемых для освещения направлениях, механическом креплении источников света и подводе к ним электроэнергии, а также защите ламп, оптических и электрических элементов от воздействия окружающей среды. Осветительная арматура предохраняет источники света от загрязнения и механических повреждений и изолирует их от внешней среды. Осветительный прибор ближнего действия называется *светильником*, а дальнего - *прожектором*.

Основными светотехническими характеристиками светильников являются КПД, защитный угол и кривая силы света.

Наиболее важной характеристикой светильников является КПД – отношение фактического светового потока светильника к световому потоку нахо-

дящейся в нем лампы. Осветительная арматура поглощает часть светового потока, излучаемого источником, но благодаря рациональному перераспределению света в необходимом направлении увеличивается освещенность на рабочих местах.

Кривая силы света светильника характеризует его светораспределение. Сила света светильника и установленной в нем лампы в различных направлениях неодинакова. Распределение ее может быть представлено кривой, образуемой концами радиус-векторов, длина каждого из них в определенном масштабе численно равняется силе света в данном направлении.

Устранение слепящего действия источника света обеспечивается конструкцией светильника и характеризуется *защитным углом*, т.е. углом между горизонталью и линией, касательной к светящемуся телу лампы и краю отражателя. В зависимости от величины защитного угла устанавливают высоту подвеса светильников.

В зависимости от распределения светового потока в пространстве, светильники подразделяют на пять основных классов: прямого, преимущественно прямого, рассеянного, преимущественно отраженного и отраженного света.

Светильники прямого света направляют не менее 80% светового потока в нижнюю полусферу. Наиболее распространенные светильники этой группы – «Универсаль», «Глубокоизлучатель» (зеркальный, эмалированный), «Широкоизлучатель», «Альфа» и др.

Светильники рассеянного света направляют в каждую полусферу от 40 до 60 % светового потока. Они обеспечивают хорошую равномерность освещения при полном отсутствии теней; их устанавливают в помещениях со светлыми потолками и стенами (административных, конструкторских, читальных залах и др.) К этому классу относятся «Шар молочного стекла», «Кольцевые» и др.

Светильники отраженного света посылают в верхнюю полусферу не менее 80% всего светового потока, обеспечивают мягкое освещение без резких теней. Их используют для освещения помещений общественного назначения. Как правило, для освещения производственных помещений они не используются.

По конструктивному исполнению светильники делятся на: открытые (лампа не отделена от внешней среды), защищенные (лампа отделена оболочкой, допускающей свободный проход воздуха), закрытые (оболочка защищает от проникновения внутрь крупной пыли), пыленепроницаемые (оболочка не допускает проникновения внутрь мелкодисперсной пыли), влагозащищенные, взрывозащищенные и взрывобезопасные.

К первым трем типам светильников относятся «Универсаль»-УПМ-500, СХ-60, СХ-200, СХ-500 и др. – для химически активной окружающей среды; СПБ – пылебрызгозащитные; ПУ-100, ПУ-200, ПВЛ-1, ПВЛ-6, ЛПП и др. – для сырых и пыльных помещений.

В настоящее время в стране ООО «Электрет» начал производство высокоэффективных светильников для промышленных, общественных и жилых помещений. В частности, выпускаются светильники типов ФПО, ЛБО – для общественных помещений и для организации аварийного освещения; ЛПО – для учебных аудиторий; ЛПП – для производственных и общественных помещений; ЛБП -20 – для организации местного освещения и др. Все светильники оснащаются люминесцентными лампами разного типа и различной мощности, а также электронным пускорегулирующим устройством, позволяющим существенно повысить светоотдачу при одновременном снижении расхода электроэнергии по сравнению с дроссельным исполнением.

Взрывозащищенные светильники устанавливаются во взрывоопасных помещениях. Их производят преимущественно в двух исполнениях – взрывонепроницаемом (ВЗГ-300, ВЗГ-200М, ВЗГ-100, ВЗГ-60 и др.) и повышенной надежности против взрыва (НОБ-300, НЗБ-150, НОГЛ-80 и др.).

По производственному освещению на предприятиях должна вестись следующая документация:

1. Проектная документация на устройство электрического освещения, схема сети освещения, картотека текущей эксплуатации, ремонтов и изменений в схемах;

2. Акт о приемке осветительной установки комиссией;

3. Документы об:

- периодических не реже 1 раза в год проверках уровней освещенности в контрольных точках и уровней общей освещенности;

- периодических проверках состояния осветительной установки (соответствие ее проекту, наличие стекол, решеток и сеток в светильниках, исправность уплотнения светильников специального исполнения и т.д.) в сроки, определяемые лицом, ответственным за электрохозяйство;

- периодических чистках ламп и осветительной арматуры в сроки, определяемые ответственным за электрохозяйство;

4. Графики чистки стекол световых проемов и светильников искусственного освещения;

5. Документы о проведении осмотров и проверок осветительной сети в соответствующие сроки;

6. Документы о назначении лиц, контролирующих состояние и эксплуатацию осветительных установок;

7. График включения и отключения уличного освещения;

8. Схема расположения светильников, включаемых по графику ночного режима;

9. Графики чистки осветительных установок уличного освещения.