

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

# ОХРАНА ТРУДА

*Методические указания для самостоятельной работы,  
выполнения лабораторных работ и выполнения  
раздела «Охрана труда» в дипломных проектах*

## ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Часть 1



Могилев 2009

УДК 658.382.3  
ББК 65.247  
О 92

Рекомендовано к опубликованию  
учебно-методическим управлением  
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Одобрено кафедрой «Безопасность жизнедеятельности»  
«30» июня 2009 г., протокол № 10

Составители: канд. техн. наук, доц. С. В. Матусевич;  
ст. преподаватель И. Н. Фойницкая

Рецензент канд. техн. наук, доц. К. Д. Миронов

Методические указания предназначены для самостоятельной работы, выполнения лабораторных работ и выполнения раздела «Охрана труда» в дипломных проектах по дисциплине «Охрана труда». Изложены общие сведения об освещении, виды освещения, расчет естественного и искусственного освещения.

Учебное издание

ОХРАНА ТРУДА

Ответственный за выпуск

В. И. Мрочек

Технический редактор

А. Т. Червинская

Компьютерная верстка

Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл.-печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 99 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение

Государственное учреждение высшего профессионального образования

«Белорусско-Российский университет»

ЛИ № 02330/375 от 29.06.2004 г.

212000, Могилев, пр. Мира, 43

© ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», 2009

## Содержание

Введение.....	4
1 Цель работы.....	5
2 Общие положения.....	5
3 Виды освещения.....	7
4 Естественное освещение.....	8
4.1 Виды естественного освещения.....	8
4.2 Расчет естественного освещения.....	10
5 Искусственное освещение.....	12
5.1 Выбор системы освещения.....	12
5.2 Проектирование рабочего искусственного освещения.....	14
5.3 Расчет искусственного освещения.....	22
6 Совмещенное освещение.....	26
7 Порядок расчета освещенности производственных помещений.....	27
8 Приборы.....	28
8.1 Люксметры.....	28
8.2 Измеритель видимости М53А.....	28
9 Порядок выполнения работы.....	29
9.1 Исследование зрительных условий при естественном освещении.....	29
9.2 Исследование зрительных условий при искусственном освещении.....	30
9.3 Оценка показателей видимости.....	31
9.4 Исследование зависимости изменения освещенности от высоты расположения светильников и мощности ламп.....	32
10 Требования к отчету.....	33
Список литературы.....	33

## Введение

Методические указания «Промышленное освещение» состоят из двух частей. Первая часть посвящена теоретической части освещения, вторая – расчету промышленного освещения на ЭВМ.

В первой части изложены указания по выполнению лабораторной работы по этой теме. В зависимости от специальности студент выполняет лабораторную работу с ознакомлением с теоретической частью по указанию преподавателя.

Руководителем раздела «Охрана труда» выдается задание по расчету вида освещения, которое рассчитывается по разработанной на кафедре БЖД программе «СВЕТD».

Электронная библиотека  
Белорусско-Российского университета

## 1 Цель работы

1.1 Ознакомление с требованиями, предъявляемыми к производственному освещению и видами освещения.

1.2 Приобретение практических навыков в оценке естественного и искусственного освещения.

1.3 Ознакомление с методиками расчета естественного и искусственного освещения.

1.4 Освоение методики измерения освещенности на рабочих местах.

## 2 Общие положения

Свет влияет на состояние высших психических функций и физиологические процессы в организме.

Правильно выполненная система освещения повышает производительность труда от 10 до 20 %, уменьшает брак на 20 %, снижает количество несчастных случаев на 30 %.

Ощущение света при воздействии на глаз человека вызывает электромагнитная волна так называемого оптического диапазона. Область оптических электромагнитных излучений расположена между областью рентгеновских излучений и областью радиоизлучений. Видимая часть оптических излучений лежит в диапазоне длин волн от 380 до 770 нм; с одной стороны, к ней примыкает область ультрафиолетовых, а с другой – инфракрасных излучений.

В видимой области излучений в зависимости от длины волны излучения глаз человека ощущает тот или иной цвет. Глаз человека наиболее восприимчив к световым лучам, соответствующим длине волны 555 нм.

Условия работы зрения можно охарактеризовать как количественными, так и качественными показателями.

К количественным показателям освещения относятся: световой поток, сила света, освещенность, яркость, коэффициент отражения, а к качественным – фон, контраст объекта с фоном, видимость, показатель ослепленности, коэффициент пульсации освещенности.

Световой поток  $\Phi$  определяется как мощность лучистой энергии, оцениваемой по световому ощущению человеческого глаза. За единицу светового потока принят люмен.

Сила света  $I$  определяется как отношение светового потока  $d\Phi$ , исходящего от источника и распространяющегося равномерно внутри элементарного телесного угла  $d\Omega$ , к величине этого угла  $I = d\Phi / d\Omega$ . За единицу силы света принята кандела.

Освещенность  $E$  характеризует плотность светового потока  $d\Phi$  на освещаемой поверхности  $dS$ ,  $E = d\Phi / dS$ . За единицу освещенности принят люкс.

Яркостью  $L$  называется величина, равная отношению силы света  $I$ , излучаемого элементом поверхности в данном направлении, к площади  $S$ ,  $\text{м}^2$ , проекции этой поверхности на плоскость, перпендикулярную к тому же направлению:

$$L = I / S \cos \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол к нормали светящейся поверхности,  $\text{кд}/\text{м}^2$ .

Лист белой бумаги, освещенный лампой мощностью 60 Вт, имеет яркость от 30 до 40  $\text{кд}/\text{м}^2$ .

Коэффициент отражения  $\rho$  характеризует способность поверхности отражать падающий на нее световой поток. Определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока  $\Phi_{\text{отр}}$  к падающему на нее световому потоку  $\Phi_{\text{пад}}$ .

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

Контраст объекта различения с фоном  $K$  характеризуется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона:

$$K = (L_o - L_{\text{ф}}) / L_{\text{ф}},$$

где  $L_o$  и  $L_{\text{ф}}$  – яркость объекта и фона соответственно.

При  $K$  более 0,5 контраст объекта различения с фоном считается большим, средним – от 0,2 до 0,5, малым – менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости).

Видимость  $V$  – характеристика способности глаза воспринимать объект; она зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции. Видимость определяется числом пороговых контрастов ( $K_{\text{пор}}$  – наименьший различимый контраст):

$$V = K / K_{\text{пор}}.$$

Показатель ослепленности  $P$  – критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой.

$$P = (S - 1) 1000,$$

где  $S$  – коэффициент ослепленности,  $S = V_1 / V_2$ ;

$V_1$  – видимость объекта наблюдения при экранировании блеских источников света;

$V_2$  – видимость объекта наблюдения при наличии блеских источников в поле зрения.

Коэффициент пульсации освещенности  $K_{\text{п}}$  – показание относительной глубины колебаний освещенности во времени в результате изменения

светового потока газоразрядных ламп, питающихся переменным током:

$$K_{\Pi} = (E_{\text{макс}} - E_{\text{мин}}) / 2E_{\text{ср}} 100,$$

где  $E_{\text{макс}}$ ,  $E_{\text{мин}}$ ,  $E_{\text{ср}}$  – максимальное, минимальное и среднее значение освещенности за период колебания соответственно.

Для создания благоприятных условий труда производственное освещение должно отвечать следующим требованиям: освещенность на рабочих местах должна соответствовать гигиеническим нормам; яркость на рабочих поверхностях и в пределах окружающего пространства должна распределяться по возможности равномерно; резкие тени на рабочих поверхностях должны отсутствовать; блескость (повышенная яркость прямая или отраженная) должна отсутствовать в поле зрения; освещение должно обеспечивать необходимый спектральный состав света для правильной светопередачи.

### 3 Виды освещения

По типу освещение принято делить на естественное, искусственное и совмещенное. Способ освещения выбирают с учетом специфики технологии производства, объема планировочного и конструктивного решения здания, климатических и светоклиматических особенностей района строительства и экономических возможностей (СНБ 2.04.05-98 *Естественное и искусственное освещение*).

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение. Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены строительными нормами и утвержденными в установленном порядке, а также помещения, размещение которых разрешено в подвальных и цокольных этажах зданий. Уровень освещенности рабочих мест естественным светом не является постоянным, так как он зависит от времени года и суток, состояния атмосферы и т. п. К тому же при двусменной работе время использования естественного света относительно невелико.

Искусственное освещение целесообразно устраивать в герметизированных зданиях.

Искусственное освещение обеспечивает постоянную освещенность на рабочих местах в течение суток.

При совмещенном освещении одновременно используют в дневное время естественный и искусственный свет.

Совмещенное освещение предусматривается для производственных помещений, в которых выполняются работы от 1 до 3 разрядов, когда невозможно обеспечить нормированное значение естественного освещения, когда имеется технико-экономическая целесообразность совмещать освещение и т. п.

## 4 Естественное освещение

### 4.1 Виды естественного освещения

Естественное освещение в помещении подразделяют на боковое, верхнее и комбинированное. В первом случае свет проникает в здание через световые проемы в наружных стенах, во втором – через фонари в покрытии и через проемы в стенах в местах перепада высот смежных пролетов, в третьем – через проемы всех типов (рисунок 4.1) (пролет – расстояние между продольными рядами колонн). При выборе вида естественного освещения учитывают специфику технологического процесса, условия зрительной работы, конструктивные решения здания, климатические особенности места, экономические факторы и т. д.

Боковое освещение применяют, как правило, в многоэтажных зданиях, а также в одноэтажных при отношении глубины помещения (см. рисунок 4.1) к высоте окон над условной рабочей поверхностью не более 8, а верхнее и боковое – в одноэтажных многопролетных зданиях.

Характерный разрез помещения (см. рисунок 4.1) – поперечный разрез помещения, плоскость которого перпендикулярна к плоскости остекления световых проемов (при боковом освещении) или к продольной оси пролетов помещения.

В характерный разрез помещения должны попадать участки с наибольшим количеством рабочих мест, а также точки рабочей зоны, наиболее удаленные от световых проемов.

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

Освещенность, создаваемая естественным светом, величина постоянная, поэтому освещенность здания регламентируется относительной величиной – коэффициентом естественной освещенности (сокращенно КЕО).

КЕО обозначается буквой  $e$ . Он выражает отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной поверхности внутри помещения светом неба  $E_{\text{вн}}$ , к значению наружной горизонтальной освещенности  $E_{\text{нар}}$ , создаваемой в то же время светом полностью открытого небосвода; выражают коэффициент в процентах:

$$e = (E_{\text{вн}} / E_{\text{нар}}) 100 \% . \quad (4.1)$$

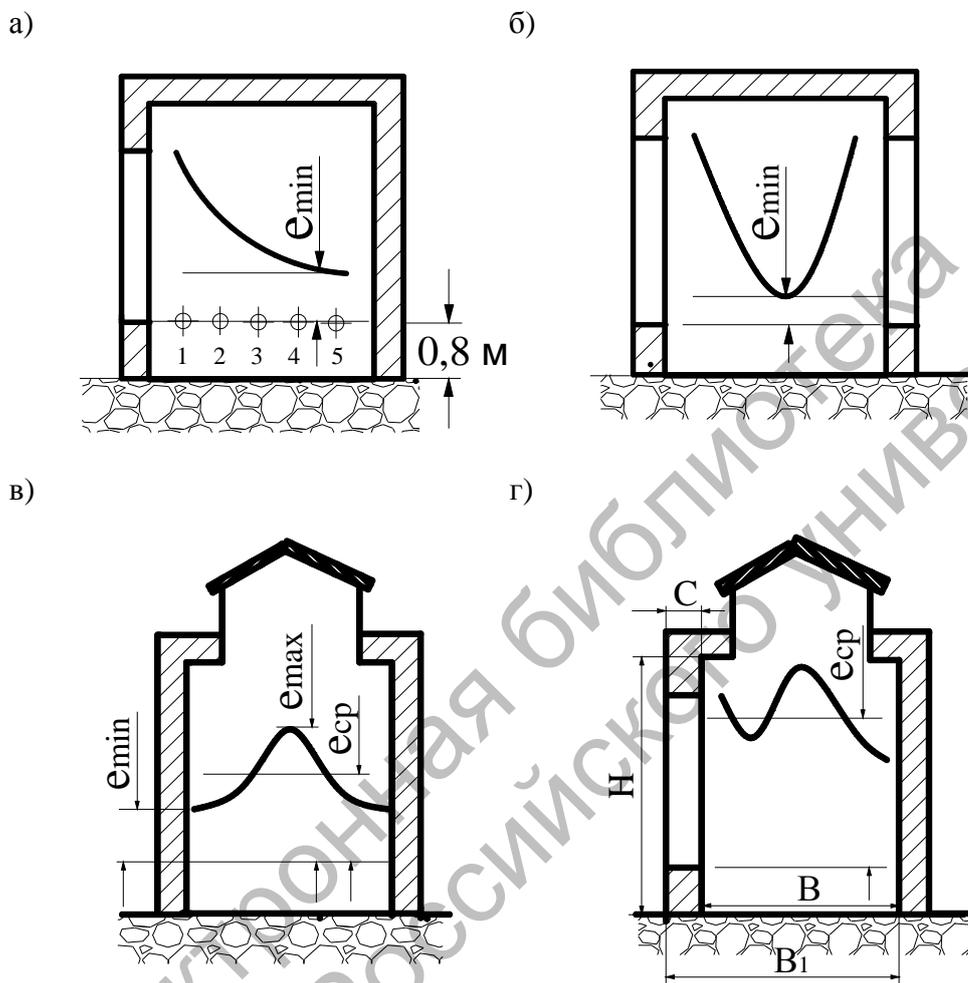
Нормированное значение КЕО  $e_N$  для зданий, располагаемых в различных районах, определяют по формуле

$$e_N = e_H m, \quad (4.2)$$

где  $e_H$  – нормированное значение КЕО [12, таблица А.1];

$m$  – коэффициент светового климата, принимается с учетом групп-

пы административных районов по ресурсам светового климата [12, приложение Г] и с учетом группы административных районов стран СНГ [12, приложение В].



$H$  – высота помещения;  $B$  – ширина помещения;  $B_1$  – глубина помещения;  $C$  – толщина стены со светопроемом; а – одностороннее боковое освещение; б – двустороннее боковое освещение; в – верхнее освещение; г – комбинированное освещение

Рисунок 4.1 – Схема распределения КЕО по разрезу помещения

Полученные по формуле (4.2) значения округляют до десятых долей.

Характеристику зрительной работы [12, таблица А.1] определяют по наименьшему размеру объекта различения. Объект различения – это рассматриваемый предмет, отдельные его части или дефект, который требуется различить в процессе работы.

В соответствии с СНБ 2.04.05-98 [12, таблица А.1], все зрительные работы, проводимые в производственных помещениях, делятся на восемь разрядов. Разряд I работы наивысшей точности с размером объекта различения менее 0,15 мм, разряд VIII – общее наблюдение за ходом технологи-

ческого процесса без ограничения размера объекта различения. Подразряд зрительной работы устанавливается по контрасту объекта с фоном и характеристике фона.

Освещенность помещения выражают КЕО ряда точек характерного разреза помещения, взятых на условной рабочей поверхности. Расстояние между расчетными точками принимают от 2 до 3 м, при этом первую и последнюю точки размещают на расстоянии 1 м от стен или средних рядов колонн.

При одностороннем боковом естественном освещении (в небольших помещениях) нормируется минимальное значение КЕО в точке на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов (рисунок 4.1, а), а при двустороннем боковом освещении – в точке посередине помещения (рисунок 4.1, б). В крупногабаритных производственных помещениях при боковом освещении минимальное значение КЕО нормируется в точке, удаленной от световых проемов:

- на 1,5 высоты помещения – для работ от I до IV разрядов;
- на 2 высоты помещения – для работ от V до 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 точка принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или колонн.

Нормами установлена определенная равномерность освещения помещения. Для производственных зданий с верхним и с верхним и боковым освещением неравномерность естественного освещения помещения не должна превышать 3:1. Для помещений с боковым освещением, а также для помещений, в которых выполняются зрительные работы VII и VIII разрядов при верхнем и верхнем и боковом освещении, неравномерность освещения не нормируется.

#### **4.2 Расчет естественного освещения**

Расчет и проектирование естественного освещения в помещении сводится к выбору системы освещения (боковое, верхнее или комбинированное), размеров, формы, расположения и конструктивных решений светопроемов, обеспечивающих нормированный уровень освещения.

Достаточность размеров, формы и места расположения световых проемов определяют расчетом, проводимым в два этапа – предварительный и проверочный. Проверочный расчет производят с использованием графиков, накладываемых на поперечный разрез здания и его план.

Предварительный расчет площади световых проемов при боковом освещении помещений производят по формуле

$$S_o = S_n K_3 e_N \eta_o K_{зд} / (100 \tau_o r_1), \quad (4.3)$$

где  $S_o$  – площадь окон, м<sup>2</sup>;

$e_N$  – нормированное значение КЕО, определяемое по формуле (4.2);

$K_3$  – коэффициент запаса, зависящий от состояния воздушной среды производственных помещений, количества чисток остекления, угла наклона материала к горизонту [12, приложение Д];

$\eta_o$  – световая характеристика окон при боковом освещении [12, приложение Е];

$K_{зд}$  – коэффициент, учитывающий изменение внутренней отраженной составляющей КЕО в помещении при наличии противостоящих зданий (деревьев) [12, приложение Ж];

$r_1$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхности помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию [12, приложение Н]. Для предварительных расчетов при боковом одностороннем освещении можно принимать  $r_1 = 2,75$ , при боковом двустороннем освещении –  $r_1 = 1,75$ .

Коэффициент  $\tau_o$  определяется по формуле

$$\tau_o = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5, \quad (4.4)$$

где  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания материала [12, приложение И];

$\tau_2$  – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах [12, приложение К];

$\tau_3$  – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях [12, приложение Л];

$\tau_4$  – коэффициент, учитывающий светопотери в солнцезащитных устройствах [12, приложение М];

$\tau_5$  – коэффициент, учитывающий светопотери в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимается равным 0,9, а при боковом освещении  $\tau_5 = 1$ .

Площадь пола  $S_n$  принимается в зависимости от условий обеспечения нормируемого значения КЕО на глубине помещения для работ с различными зрительными условиями.

Для работ, относящихся к I–IV разряду, площадь достаточного естественного света при одностороннем освещении принимают равной:

$$S_n = l_n 1,5 \text{ Н}; \quad (4.5)$$

при V–VII разрядах

$$S_n = l_n 2 \text{ Н}; \quad (4.6)$$

при VIII разряде

$$S_n = l_n 3 \text{ Н}, \quad (4.7)$$

где  $l_n$  – длина помещения, м;

$H$  – высота помещения, м.

При двустороннем расположении светопроемов для вышеуказанных диапазонов зрительных разрядов  $S_n$  соответственно принимают равным:

$$S_n = 2 l_n 1,5 H; \quad (4.8)$$

$$S_n = 2 l_n 2 H; \quad (4.9)$$

$$S_n = 2 l_n 3 H. \quad (4.10)$$

Предварительный расчет площади светопроемов при верхнем освещении помещений производят по формуле

$$S_\phi = S_n K_3 e_N \eta_\phi / (100 \tau_o r_2 K_\phi), \quad (4.11)$$

где  $S_\phi$  – площадь световых проемов при верхнем освещении, м<sup>2</sup>;  
 $e_N$  – нормированное значение КЕО при верхнем естественном освещении, определяемое по формуле (4.2);  
 $\eta_\phi$  – световая характеристика фонаря или светового проема в плоскости покрытия [12, приложения П, Р];  
 $K_\phi$  – коэффициент, учитывающий тип фонаря [12, приложение С];  
 $r_2$  – коэффициент повышения КЕО при верхнем освещении светом, отраженным от поверхности помещения [12, приложение Т].

Для предварительных расчетов можно принимать  $r_2 = 1,25$ .

Коэффициенты  $K_3$  и  $\tau_o$  те же, что и в формуле (4.3).

Площадь пола  $S_n$  в формуле (4.11) принимают равной площади помещения или здания за вычетом площади достаточного естественного света от боковых светопроемов (формулы (4.5)–(4.10)).

## 5 Искусственное освещение

### 5.1 Выбор системы освещения

В производственных помещениях применяют систему общего и комбинированного (общего и местного) освещения.

Первая система – система общего освещения – предназначена как для освещения рабочих поверхностей, так и всего помещения в целом.

В системе общего освещения принято различать два способа размещения светильников: равномерное и локализованное. Равномерный способ предполагает равные расстояния между светильниками в каждом ряду и между рядами. В системе общего локализованного освещения положение каждого светильника определяется соображениями выбора наиболее выгодного направления светового потока и устранения теней на освещенном рабочем месте, т. е. целиком зависит от расположения оборудования.

Равномерное расположение светильников общего освещения применяется обычно в тех случаях, когда необходимо обеспечить одинаковые условия освещения по всей площади помещения, а локализованное – при необходимости дополнительного подсвета отдельных участков освещаемого помещения, если эти участки достаточно велики по площади или по условиям работы в них невозможно устройство местного освещения.

Локализованное освещение позволяет уменьшить удельную мощность осветительной установки и обеспечить лучшее качество освещения. К недостаткам локализованного освещения следует отнести повышенную неравномерность распределения яркости в поле зрения работающего.

Вторая система – система комбинированного освещения – включает в себя светильники, расположенные непосредственно у рабочего места и предназначенные только для освещения рабочей поверхности (местное освещение), и светильники общего освещения – для выравнивания, распределения яркости в поле зрения и создания необходимой освещенности в проходах помещения.

Потребляемая мощность осветительной установки системы комбинированного освещения значительно меньше мощности одного общего освещения, в особенности при высоких значениях нормированной освещенности.

Распределение светильников непосредственно у рабочих мест упрощает их чистку, смену перегоревших ламп, а также систематический надзор и текущий ремонт, что позволяет выключать освещение в моменты остановки работ, изменять направление светового потока, использовать источники света с нужным спектральным составом и т.п.

Системы комбинированного освещения имеют преимущественное применение в производственных помещениях, где выполняются работы I, II, III, IVa, IVб, Va разрядов, а также в помещениях с оборудованием, рабочие поверхности которых расположены вертикально или наклонно и нуждаются в сравнительно высоких уровнях освещенности.

Общая освещенность в системе комбинированного освещения должна составлять не менее 10 % нормируемой. При этом освещенность должна быть не менее 200 лк – при разрядных лампах и не менее 75 лк – при лампах накаливания.

Система общего освещения допускается в случаях технической невозможности или нецелесообразности устройства местного освещения. Система общего освещения с равномерным размещением светильников может быть рекомендована в следующих производственных помещениях: с высокой плотностью расположения оборудования, если это оборудование не создает теней на рабочих поверхностях и не требует изменения направления света (ткацкие цехи); при выполнении в них однотипных работ по всей площади (линейные цехи, крупноборочные цехи); при зрительных работах V–VII разрядов, а также во вспомогательных, складских и

проходных помещениях.

Локализованное освещение целесообразно применять при расположении рабочих мест группами, сосредоточенных на отдельных участках работ различной точности, требующих разных уровней освещенности; при зрительных работах, связанных с обзором больших рабочих поверхностей, требующих высоких уровней освещенности (разметочная плита), или наличие громоздкого оборудования, создающего тени, на которых невозможно устройство местного освещения (сборка машин).

При локализованном размещении светильников освещенность проходов и участков, где не производятся работы, должна составлять не более 25 % нормируемой освещенности, создаваемой светильниками общего освещения, но не менее 75 лк – при разрядных лампах и не менее 30 лк – при лампах накаливания.

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

Аварийное освещение разделяют на освещение безопасности и эвакуационное.

Освещение безопасности предусматривается для тех случаев, если отключается рабочее освещение и нарушается обслуживание оборудования, механизмов, что может вызвать взрыв, пожар, отравление людей, нарушение технологического процесса и т. п.

Эвакуационное освещение предусматривается для освещения эвакуационных путей.

Освещение безопасности должно обеспечивать не менее 5 % нормируемой освещенности от общего, но не менее 2 лк, а эвакуационное – не менее 0,5 лк.

Охранное освещение предусматривается вдоль границ территории, охраняемой в ночное время, и должно быть не менее 0,5 лк.

Область применения, величина освещенности и требования к качеству для дежурного освещения не нормируются.

## **5.2 Проектирование рабочего искусственного освещения**

Проектирование освещения сводится к выбору источника света, системы освещения, нормативной освещенности, типов светильников и расчетов осветительной установки с обеспечением их качественных характеристик. Рекомендации при выборе источников света и осветительных приборов для механических и инструментальных, сборочных и гальванических цехов даны в [12, таблицы А.7–А.9].

**5.2.1 Источники света и их выбор.** Выбор источников света в системах искусственного освещения проводят в зависимости от особенностей зрительной работы и требований к цветопередаче по [12, приложение А].

Искусственное освещение создают с помощью осветительных уста-

новок, представляющих собой в общем случае сочетание источника света и осветительной арматуры.

Источник света является устройством для превращения какой-либо энергии в оптическое излучение. По природе различают два вида оптического излучения: тепловое и люминесцентное. Тепловое оптическое излучение возникает при нагреве тел. На этом принципе основаны лампы накаливания (ЛН) и галогенные лампы накаливания (ГЛН); последние имеют более стабильный по времени световой поток и повышенный срок службы по сравнению с ЛН.

По конструкции лампы накаливания бывают вакуумные (В), газонаполненные (Г), биспиральные (Б), биспиральные с криптоксеноновым наполнением (БК). Выпускаются также зеркальные лампы-светильники (З) и лампы с йодным циклом большой мощности (от 250 до 2200 Вт); последние имеют повышенный срок службы (до 2000 ч) [12, приложение Ф].

Характеристики кварцевых галогенных ламп накаливания приведены в [12, приложение Х].

Люминесцентное оптическое излучение создается в газоразрядных лампах в результате электрических разрядов в газах, парах или их смесях.

В промышленности нашли применение газоразрядные лампы низкого, высокого и сверхвысокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления называются люминесцентными лампами.

В настоящее время люминесцентные лампы выпускают следующих типов: лампы дневного света (ЛД), с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ), близкие к естественному цвету белого цвета (ЛБ), тепло-белого цвета (ЛТБ), холодно-белого цвета (ЛХБ). Ближе других к естественному спектру считаются лампы ЛХБЦ. Для специальных условий выпускаются также лампы красные (ЛК), зеленые (ЛЗ), желтые (ЛЖ), голубые (ЛГ) и т. д.

Перспектива увеличения мощности люминесцентных ламп пока не превышает 150 Вт, т. к. с ростом мощности характеристики ламп резко ухудшаются [12, приложение Ц].

Дуговые ртутные лампы (ДРЛ) относятся к лампам высокого (от 0,03 до 0,08 МПа) и сверхвысокого давления ( $> 0,8$  МПа). Среди этих типов ламп в настоящее время расширяется производство дуговых ртутных ламп с улучшающими добавками (ДРИ – с добавкой йодидов металлов), которые находят широкое применение в щелевых световодах и часто называются металлогалогенными (МГЛ), а также дуговые натриевые лампы трубчатые (ДнатТ), дуговые ксеноновые трубчатые или шаровые лампы (ДКСТ или ДКСШ) и др. Технические данные ДРЛ и МГЛ приведены в [12, приложения Ш, Щ].

Для оценки качеств источников света применяют следующие показатели: мощность лампы Рл, Вт; световой поток Фл, лм, или сила света  $I_a$ , кд; световая отдача лампы Фл/Рл, лм/Вт; цвет излучения и срок службы.

Лампы ДРЛ, несмотря на их высокую световую отдачу и большой

срок службы, не обеспечивают удовлетворительную цветопередачу и применяются для освещения производственных помещений, в которых отсутствуют требования к правильной цветопередаче (машиностроительная промышленность), в особенности большой высоты, в которых возникают трудности при обслуживании светильников (из-за повышенного срока службы уменьшаются эксплуатационные расходы). Наибольшее преимущество они имеют при высоте помещения более 12–14 м, при высоте менее 6 м применять их нецелесообразно. Применение ламп ДРЛ, удовлетворительно работающих при низких температурах окружающей среды, целесообразно для освещения работ вне производственных зданий.

Анализируя характеристики ламп накаливания и люминесцентных ламп, можно сделать следующие выводы: люминесцентные лампы имеют более высокую световую отдачу и поэтому позволяют создавать более высокие уровни освещенности на рабочих поверхностях при той же установленной мощности; спектральный состав люминесцентных ламп обеспечивает более правильную цветопередачу; у люминесцентных ламп более высокая продолжительность горения. Люминесцентные лампы обладают многими гигиеническими преимуществами (создают равномерную освещенность, спектр их излучения ближе к естественному свету). Преимущество люминесцентных ламп сказывается при уровнях освещенности выше 150 лк.

Наряду с положительными качествами люминесцентные лампы имеют и недостатки; устойчивая работа люминесцентных ламп обеспечивается в помещениях с температурой от плюс 5 до плюс 50 °С; люминесцентным лампам присуща пульсация светового потока. Пульсация светового потока может привести к возникновению стробоскопического эффекта, выражающегося в искажении восприятия вращающихся, движущихся или сменяющихся объектов в мелькающем свете. Вращающийся объект в этом случае может, например, казаться неподвижным или движущимся в обратном направлении. Защита от стробоскопического эффекта осуществляется включением ламп в 3 фазы питающего напряжения или включением их в сеть с электронными и пускорегулирующими аппаратами. Для борьбы с пульсацией светового потока применяют специальные схемы включения газоразрядных ламп.

При снижении номинального напряжения на 10 % и более люминесцентные лампы горят неустойчиво и при дальнейшем понижении напряжения могут погаснуть. Необходимо учитывать также нижнюю границу зрительного комфорта. Для ламп накаливания эта граница составляет от 30 до 50 лк. Для лампы ЛД, например, – от 400 до 500 лк. Это объясняется привычкой человека к большой освещенности при дневном свете и малой – при искусственном. Люминесцентные лампы, спектрально приближаясь к естественному свету, должны приближаться к нему и по уровню освещенности. Слабое люминесцентное освещение воспринимается как дневное в сумерках или перед грозой. Этот «сумеречный» эффект является одной из

причин повышения норм освещенности для газоразрядных ламп.

Учитывая вышеизложенные соображения, применение люминесцентных ламп следует рекомендовать в следующих случаях: в производственных помещениях, где работа связана с большим и длительным напряжением зрения, или в помещениях, где необходимо создать особо благоприятные условия для зрения находящихся в них людей (контрольно-браковочные операции, учебные заведения, проектно-конструкторские бюро и пр.); в производственных помещениях, где выполняются работы, связанные с распознаванием цветовых оттенков, в производственных помещениях без естественного света, если они предназначены для длительного пребывания людей; в помещениях, где целесообразность люминесцентного освещения обусловлена архитектурно-художественными соображениями (музеи, картинные галереи).

Для общего освещения производственных помещений наибольшее распространение получили люминесцентные лампы ЛБ как обладающие удовлетворительной цветопередачей и наиболее высокой световой отдачей.

Для освещения рабочих мест с повышенными требованиями к цветопередаче следует применять лампы ЛД, а при особо высоких требованиях к цветопередаче – лампы ЛДЦ.

В производственных помещениях допускается одновременное использование люминесцентных ламп и ламп накаливания, если это оправдано техническими соображениями. Например, в практике промышленного освещения при общем освещении, выполненном светильниками с люминесцентными лампами, а местное освещение часто выполняется светильниками с лампами накаливания.

В зависимости от производственных условий для местного освещения могут использоваться лампы общего назначения на напряжение 127 и 220 В, а также специальные лампы на напряжение 12, 24, 36 В. К ним относят лампы местного освещения: в прозрачной колбе – МО, в колбе с диффузным отражением – МОД и с зеркальным отражением – МОЗ.

Параметры некоторых ламп накаливания местного освещения приведены в [12, приложение Э].

С целью перераспределения светового потока и увеличения силы света выпускаются лампы с зеркальным и с диффузным отражающим слоем, который наносится изнутри на верхнюю часть колбы лампы (со стороны цоколя). Такие лампы изготавливаются в виде ламп-светильников. Параметры ламп накаливания приведены в [12, приложение Я].

Широкому использованию ксеноновых ламп для освещения производственных помещений препятствуют значительные излучения в ультрафиолетовой области спектра, они широко применяются для освещения открытых пространств (карьеров, аэропортов, станций).

Натриевые лампы из-за неудовлетворительного спектрального состава не рекомендуется применять для освещения помещений, а лучше ис-

пользовать для освещения открытых пространств при отсутствии требований к правильной цветопередаче, например, автострад.

На основании вышеизложенного материала можно сделать следующие общие выводы по выбору источника света:

1) лампы накаливания применять для освещения в производственных помещениях, где выполняются работы VI и VIII разрядов; технологических площадок; мостиков; переходов; площадок обслуживания крупного оборудования, при отсутствии осветительных приборов с газоразрядными лампами; вспомогательных помещений; бытовых помещений; помещений для временного нахождения людей; жилых помещений, местного освещения; общественных зданий;

2) лампы ДРЛ и МГЛ применяются преимущественно для освещения производственных помещений высотой не менее 6 м;

3) люминесцентные лампы (ЛЛ) применяются в помещениях, где требуется правильная цветопередача; в большинстве помещений общественных зданий; в административно-конторских и лабораторных помещениях; в учебных и лечебных заведениях; в производственных помещениях с температурой от плюс 5 до плюс 50 °С и высотой до 12 м; в светильниках для местного освещения; для освещения движущихся и вращающихся объектов при наличии электронных пускорегулирующих аппаратов.

*5.2.2 Выбор типа светильников.* Одним из основных вопросов, решаемых при проектировании осветительной установки, от которого зависит не только экономичность, но и надежность, долговечность действия, а в ряде случаев – пожаро- или взрывоопасность, является выбор типа светильника.

Светильник состоит из источника света и устройства, предназначенного для рационального перераспределения светового потока источника, защиты глаз от чрезмерной яркости, предохранения источника от механических повреждений и загрязнений, а также для закрепления источника и подведения к нему электрического тока.

Выбор светильников должен определяться следующими основными условиями: характером окружающей среды; требованиями к светораспределению и ограничению слепящего действия и соображениями экономии.

Условия среды освещаемого помещения определяют конструктивное исполнение светильника. В настоящее время выпускается более 300 типов светильников.

В зависимости от конструктивного исполнения различают светильники: открытые, защищенные, пыленепроницаемые, влагозащитные, взрывозащищенные и взрывобезопасные.

В зависимости от схем, степени защиты от пыли, влаги, светотехнических материалов и покрытий все светильники разделены на семь эксплуатационных групп (от I до VII), при этом, чем больше номер группы, тем менее светильники подвержены воздействию среды и тем в более тя-

желых условиях целесообразно их использовать.

В зависимости от относительной влажности помещения подразделяют: на сухие с относительной влажностью не выше 60 %, влажные – от 60 до 75 %, сырые – выше 75 %, особо сырые – близко к 100 %; помещения с температурой выше 35 °С называют жаркими.

В нормальных сухих и влажных помещениях допускается применение всех типов незащищенных светильников.

Основной характеристикой, определяющей светотехническую эффективность применения светильника в различных условиях, является светораспределение светильника, т. е. распределение светового потока, излучаемого светильником, в нижнюю и верхнюю полусферы окружающего светильник пространства. Важнейшей светотехнической характеристикой светильника являются кривые силы света (КСС), коэффициенты светораспределения и формы КСС. Распределения силы света источника света или светильников в различных направлениях пространства обычно представляются в виде таблиц или графиков. Лишь в частных случаях имеется возможность выразить распределение силы света математическими уравнениями.

Имеется семь основных типов кривых силы света (Г, Д, К, Л, М, С, Ш). Для освещения производственных помещений используют в основном КСС типов Г (глубокая), К (концентрированная), Д (косинусная), Л (полуширокая), в исключительных случаях – М (равномерная).

По коэффициенту светораспределения  $K_c$ , равному отношению светового потока, направляемого в нижнюю полусферу к полному световому потоку лампы Фл, все светильники делятся на пять классов: прямого света (П) –  $K_c > 80 \%$ ; преимущественно прямого света (Н) –  $K_c$  от 60 до 80 %; распределенного света (Р) –  $K_c$  от 40 до 60 %; преимущественно отраженного света (В) –  $K_c$  от 20 до 40 % и отраженного света (О) –  $K_c < 20 \%$ . Последние два типа светильников являются светильниками рассеянного света (Лц, «Шар», Шод) и для освещения производственных помещений практически не применяются; они предназначены, в основном, для освещения вспомогательных помещений: административно-конторских, столовых и пр. Эти светильники имеют наибольшие потери светового потока.

Светильники прямого света устанавливают на высоте 8 м и более, но они вызывают неравномерное распределение яркости в поле зрения, поэтому при освещении производственных помещений, стены и потолки которых обладают достаточно высокими отражающими свойствами, целесообразно применять светильники преимущественно прямого света (ОДО, ШОД).

Под коэффициентом формы светового прибора  $K_f$  понимают отношение максимальной силы света  $I_{max}$  в меридиональной плоскости к условному среднеарифметическому значению силы света  $I_{cp}$ . Например, для КСС типов Г-2  $2 \leq K_f < 3$ , Д-1,3  $1,3 \leq K_f < 2$ .

Перераспределение светового потока, осуществляемое светильником, ведет к определенной потере светового потока. Поэтому одной из

важных характеристик светильника является коэффициент полезного действия, представляющий собой отношение светового потока светильника к световому потоку установленной в нем лампы.

Большое значение для ограничения ослепленности, создаваемой светильниками, имеет защитный угол  $\alpha$  (рисунок 5.1).

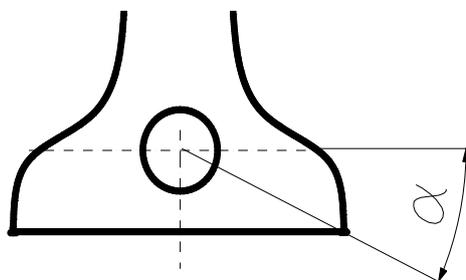


Рисунок 5.1 – Защитный угол  $\alpha$

Защитный угол должен быть не больше  $30^\circ$ .

Для ламп накаливания (ЛН) наиболее распространенными являются светильники прямого света в открытом и защищенном исполнении типа «глубокоизлучатель» (Гэ, Гс, Гк). К светильникам прямого и рассеянного света относятся «люцетта» (Лц) и «молочный шар» (последние для освещения промышленных помещений не применяются).

Во взрывоопасных помещениях используют светильники типа ВЧД-100 (взрывобезопасные), конструкции которых предусматривают локализацию взрыва внутри светильника.

Для освещения производственных помещений с малой запыленностью и нормальной влажностью используются открытые светильники типа ЛД, ЛСП, а в помещениях с большим содержанием влаги и пыли – закрытые светильники типа ПВЛ (пылевлагозащищенные люминесцентные).

Для ламп ДРЛ используют светильники основного дневного света с защитным углом  $15^\circ$ .

Более полная характеристика светильников приведена в [12, приложение Я].

Для того чтобы приблизить условия работы при искусственном освещении к условиям естественного освещения, в производственных зданиях применяют светильники, встроенные в подвесной потолок. Для этого можно использовать отдельные плафоны, располагаемые на расчетном расстоянии друг от друга, светящиеся панели и потолки. Вид светящей поверхности выбирают с учетом разряда зрительной работы.

Светящиеся потолки имеют вид подвесного остекления, за которым располагают светильники. Остекление таких потолков выполняют из пластмассовых рассеивателей. Включением отдельных ламп в светящихся потолках можно создавать несколько степеней освещенности.

Экономичность светильника оценивается по критерию энергетической экономичности, т. е. по отношению минимальной освещенности к удельной мощности (отношение установленной мощности ламп к площади освещаемого освещения). Экономическая эффективность светильника зависит от типа светильника, высоты подвески, размещения светильников, источника света и т. д.

*5.2.3 Размещение осветительных приборов.* Размещение осветительных приборов влияет на экономичность и качество освещения, а также на удобство их эксплуатации.

Увеличение или уменьшение относительного расстояния между светильником, по сравнению с наивыгоднейшим, вызывает уменьшение равномерности освещения.

В зависимости от выбранного светильника можно определить расположение источников света над площадью. Наиболее распространенными вариантами размещения светильников с лампами накаливания или ДРЛ является размещение по углам прямоугольника или в шахматном порядке. При этом наибольшая равномерность распределения освещенности соответствует размещению светильников по углам квадрата. Светильники с люминесцентными лампами обычно располагают непрерывными рядами.

Оптимальное расстояние между светильниками, если они располагаются по углам прямоугольника или квадрата при лампах накаливания, определяют по формуле

$$L_{\text{опт}} = (\sqrt{l_a \cdot l_b}) / h, \quad (5.1)$$

где  $l_a$  и  $l_b$  – расстояние по ширине и длине помещения, м;

$h$  – расчетная высота подвеса, м.

При шахматном расположении

$$L_{\text{опт}} = \sqrt{3 l_b}. \quad (5.2)$$

Высота подвеса (расстояние от потолка до светильника) часто диктуется конструктивными особенностями здания и перекрытий, но можно оценить и наивыгоднейшую высоту подвеса.

В высоких производственных помещениях наличие кранов, перемещающихся вдоль пролетов цеха, заставляет размещать светильники на уровне ферменных стяжек.

В нормальных производственных помещениях (инструментальный цех) нижний предел минимально допустимой высоты подвеса светильника определяется требованиями ограничения ослепленности, а верхний предел – потолком помещения.

Обычно с точки зрения удобства обслуживания, ограничения ослепленности, безопасности высоту подвеса принимают от 3 до 5 м.

Для светильников рассеянного света следует соблюдать определен-

ное расстояние, гарантирующее равномерность распределения яркости по потолку. Это условие для большинства светильников рассеянного света соблюдается, если расстояние от потолка до светильника равно от 0,2 до 0,25 высоты расположения потолка над расчетной плоскостью.

Большую роль играет величина

$$\lambda = L / H_p, \quad (5.3)$$

где  $L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами люминесцентных светильников, м;

$H_p$  – расчетная высота (расстояние от светильника до условной рабочей поверхности), м.

Уменьшение значения  $\lambda$  удорожает устройство и обслуживание освещения и часто приводит к применению ламп с пониженной световой отдачей, а чрезмерное увеличение ведет к резкой неравномерности освещенности и в условиях нормирования ее минимальной величины – к возрастанию расхода энергии [12, приложение А].

При размещении светильников общего освещения необходимо также регламентировать расстояние от крайнего ряда светильников до стен, которое зависит от наличия рабочих поверхностей у стен помещения.

При наличии рабочих поверхностей у стен расстояние от крайнего ряда светильников до стены должно составлять от 0,25 до 0,3 расстояния между светильниками. При отсутствии рабочих поверхностей у стен это расстояние может быть увеличено до 0,5.

Светильники местного освещения располагают обычно в непосредственной близости от рабочих поверхностей и, следовательно, в рабочей зоне, поэтому их размещают так, чтобы они не мешали работающим.

### **5.3 Расчет искусственного освещения**

**5.3.1 Методы расчета искусственного освещения.** Задачей расчета является определение необходимой мощности осветительной установки для создания в производственном помещении заданной освещенности.

Для расчета искусственного освещения пользуются в основном тремя методами: методом светового потока (коэффициент использования), точечным методом и методом удельной мощности (метод Ватт).

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.

При расчете локализованного и местного освещения горизонталь-

ных и наклонных поверхностей и освещения в тех случаях, когда отраженным светом можно пренебречь, применяется точечный метод.

Наиболее простым методом расчета искусственного освещения является приближенный метод расчета освещенности по удельной мощности.

### 5.3.2 Расчет искусственного освещения методом светового потока.

При расчете установки по методу коэффициента использования определяют необходимое число и мощность ламп. Заданной исходной величиной при расчете является нормированная горизонтальная освещенность. По заданной освещенности рассчитывают требуемый световой поток и определяют мощность лампы. В некоторых случаях, наоборот, приходится задаваться числом и мощностью ламп и определять создаваемую ими освещенность на расчетной плоскости.

Расчет осветительной установки по методу коэффициента использования производят по формуле

$$\Phi = E_n S K_z z / N \eta, \quad (5.4)$$

где  $\Phi$  – световой поток в расчетной точке помещения, лм;

$E_n$  – нормируемая освещенность, лк. Нормируемая освещенность принимается по [12, таблица А.1] в соответствии с рекомендациями, изложенными для определения нормированного значения КЕО для естественного освещения;

$S$  – освещаемая площадь пола, м<sup>2</sup>;

$K_z$  – коэффициент запаса [12, приложение Д];

$z$  – отношение средней освещенности к минимальной, которая при люминесцентных лампах составляет 1,1, а при лампах накаливания – 1,15;

$N$  – количество ламп;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока лампы, который принимается для некоторых светильников по [12, таблица А.3], в зависимости от типа светильника и кривой силы света (КСС) [12, приложение Я]; в зависимости от коэффициентов отражения потолка, стен, рабочей поверхности (пола) [12, таблица А.4]; а также от индекса помещения  $i$ .

Индекс помещения  $i$  определяется из выражения

$$i = AB / H_p (A + B), \quad (5.5)$$

где  $A$  и  $B$  – соответственно длина и ширина помещения, м;

$S$  – площадь освещаемой поверхности, м<sup>2</sup>;  $S = A \cdot B$ ;

$H_p$  – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, определяется из выражения

$$H_p = H - h_c - h_p,$$

где  $h_p$  – высота условной рабочей поверхности, м;

$h_c$  – расстояние от светильника до перекрытия (свес), м;

$H$  – высота помещения.

5.3.3 *Расчет осветительной установки по точечному методу.* В зависимости от соотношения размеров светящихся элементов и расстояния их до освещаемой поверхности все разновидности светящихся элементов разбиваются на три группы: точечные, линейные и светящие поверхности.

К группе точечных светящихся элементов относятся прожекторы и светильники общего освещения с лампами накаливания и люминесцентными лампами, располагаемые обычно на большом расстоянии от освещаемой поверхности.

Линейный светящийся элемент может быть принят за точечный, если его длина в 2 раза меньше расстояния, на котором определяется освещенность, а светящийся диск может быть отнесен к группе точечных, если расстояние до освещаемой поверхности в 2,5 раза превышает диаметр диска.

Вторая группа светящихся элементов включает в себя светильники с люминесцентными лампами, располагаемые непрерывными линиями или линиями с разрывами.

К третьей группе относятся световые потолки, ниши, панели и т. д., не являющиеся точечными.

Горизонтальная освещенность  $E_r$ , лк, в точке А (рисунок 5.2) горизонтальной плоскости от светильника О, находящегося от этой плоскости на расстоянии (высота подвеса)  $h$ , по точечному методу определяется по формуле

$$E_r = I_\alpha \cos^3 \alpha / h^2 K_3, \quad (5.6)$$

где  $I_\alpha$  – сила света светильника по направлению к расчетной точке в  $K_g$ , определяемая по [12, таблица А.5] в зависимости от КСС (кривых силы света);

$\alpha$  – угол между вертикалью и направлением силы света к расчетной точке (рисунок 5.2);

$K_3$  – коэффициент запаса [12, приложение Д].

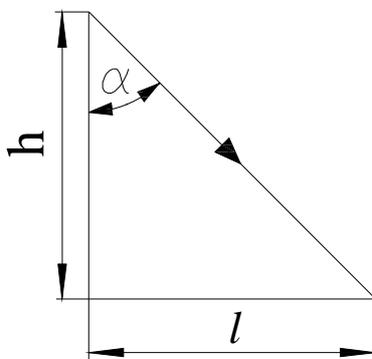


Рисунок 5.2 – Схема к расчету освещенности помещения точечным методом

Вертикальная освещенность  $E_v$  определяется по формуле

$$E_v = I_\alpha \cos^3 (90 - \alpha) / h^2 K_3 = E_r (l / H_p), \quad (5.7)$$

где  $l$  – параметр, принимаемый из рисунка 5.2.

*5.3.4 Расчет местного освещения с использованием пространственных изолюкс.* В том случае, когда для расчета местного освещения нельзя применить точечный метод (светящий элемент нельзя считать точечным), расчет освещения производят с использованием пространственных кривых равных значений освещенности.

Освещенность в заданной точке определяют по формуле

$$\Phi = 1000 E_n K_3 / \mu \sum E_i, \quad (5.8)$$

где  $E_n$  – нормируемая освещенность, лк [12, таблица А.1];  
 $K_3$  – коэффициент запаса [12, приложение Д];  
 $\mu$  – коэффициент дополнительной освещенности, создаваемой удаленными светильниками и отраженным светом (принимается от 1 до 1,2);  
 $\sum E_i$  – условная освещенность в контрольной точке от суммарного действия «ближайших» светильников, лк.

Условную освещенность  $E_i$  от  $i$ -го источника можно определить по формуле (5.6), как и для горизонтальной освещенности  $E_r$ , или по пространственным кривым равных значений освещенности (изолюкс).

Перечень некоторых светильников для местного освещения приведен в [12, приложение Э], а в [12, таблица А.6] приведена светотехническая характеристика светильника ЛПО12.

Некоторые светильники местного освещения предназначены для освещения определенного оборудования. Расчет осветительной установки для этих светильников не производят.

В последнее время для светотехнических расчетов широко применяют ЭВМ, что позволило перейти к использованию аналитического представления кривых силы света (КСС) и, таким образом, к выполнению светотехнических расчетов только аналитическим методом. Поэтому вместо расчетов освещенности с использованием пространственных изолюкс (формула (5.8)) используют способ расчета, основанный на применении интерполяционных формул в виде тригонометрических полиномов.

В связи с вышесказанным, в данной работе не приведены пространственные изолюксы для расчетов по формуле (5.8) и предлагается определять  $E_i$  по формуле (5.6). Ошибка в этом случае не превышает 25 %.

*5.3.5 Расчет осветительной установки по удельной мощности.* Удельной мощностью называют отношение всей мощности ламп осветительной установки общего освещения к освещаемой площади.

Этот метод основан на определении по светотехническим справочникам удельной мощности осветительной установки в зависимости от заданных параметров установки и числа светильников и разрешается прово-

дять на всех стадиях проектирования, за исключением расчетов в ответственных случаях.

Требуемая мощность лампы  $P_{л}$  подсчитывается по выражению

$$P_{л} = W S / N, \quad (5.9)$$

где  $W$  – удельная мощность лампы (берется по таблицам или определяется по графикам), Вт/м<sup>2</sup>;

$S$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$N$  – число ламп в осветительной установке.

## 6 Совмещенное освещение

Совмещенное освещение применяется в производственных зданиях с недостаточным естественным освещением, где недостаток естественного освещения в светлое время суток восполняется искусственным светом. Искусственное освещение в комбинации с естественным устраивают чаще всего в виде двух различных систем. Первая система (естественное освещение) – постоянное дополнительное освещение – может работать непрерывно целый рабочий день и освещать определенную зону. Вторую систему включают в зонах, примыкающих к световым проемам, и используют с наступлением сумерек. Включать искусственное освещение в этой зоне рекомендуется с помощью автоматических регуляторов в зависимости от изменения естественной освещенности и выбранного уровня нормативной освещенности.

Общее (независимо от принятой системы освещения) искусственное освещение производственных помещений, предназначенных для постоянного пребывания людей, должно обеспечиваться разрядными источниками света.

Применение ламп накаливания допускается в отдельных случаях, когда по условиям технологии, среды использования разрядных источников света невозможно или нецелесообразно.

Нормированное значение КЕО для производственных помещений должно приниматься как для совмещенного освещения по [12, приложение А].

Освещенность от системы общего освещения должна составлять не менее 200 лк – при разрядных лампах и 100 лк – при лампах накаливания. Создавать освещенность более 750 лк – при разрядных лампах и 300 лк – при лампах накаливания допускается только при наличии обоснований.

Расчет совмещенного освещения производится по вышеизложенным методикам в соответствии с выработанным способом и системой освещенности.

## 7 Порядок расчета освещенности производственных помещений

7.1 Выбирают способ освещения: естественное, искусственное или совмещенное (раздел 3).

7.2 Для естественного освещения устанавливают вид освещения: боковое, верхнее или комбинированное (раздел 4).

7.2.1 Расчет бокового естественного освещения производят по формуле (4.3), а верхнего – по формуле (4.11); значение КЕО определяют в зависимости от вида освещения по [12, таблица А.1] с учетом примечаний к этому приложению.

7.3 Для искусственного освещения устанавливают систему освещения: система общего освещения, локализованное, система комбинированного освещения (общего и местного) (подраздел 5.1).

7.3.1 Выбирают метод расчета осветительной установки: метод светового потока (коэффициента использования), точечный метод, метод пространственных изолукс и метод удельной мощности (пункты 5.3.2–5.3.5).

7.3.2 Для выбранной системы определяют освещенность из [12, таблица А.1] с учетом примечаний к приложению.

7.3.3 Выбирают источник света. Рекомендуются для общего равномерного освещения – люминесцентные лампы, для местного – лампы накаливания или люминесцентные, локализованного – могут применяться все вышеперечисленные источники света (пункт 5.2.1), для зданий промышленных предприятий – ДРЛ или люминесцентные (подраздел 5.2, пункт 5.2.1, [12, приложения Ф–Ю]).

7.3.4 Расчет общего и локализованного освещения производят по формулам (5.4), (5.6) (пункты 5.3.2 и 5.3.3).

7.3.5 Расчет местного освещения производят по формулам (5.6), (5.8) (пункты 5.3.3, 5.3.4).

7.4 Расчет совмещенного освещения (раздел 6) производят по изложенным методикам для естественного и искусственного освещения. Определение нормированного значения КЕО производят из [12, таблица А.1] для совмещенного освещения с учетом примечаний к приложению (пункты 3 и 6).

## 8 Приборы

Для определения количественных и качественных показателей производственного освещения применяют фотометры, люксометры, измерители видимости.

### 8.1 Люксометры

Люксометры состоят из фотоэлементов и миллиамперметров, градуированных в люксах. В качестве фотоэлементов используют селеновый фотоэлемент, у которого спектральная чувствительность наиболее близка к спектральной чувствительности глаза. Наибольшее распространение получили люксометры Ю-116, Ю-117 и др.

На передней панели люксометра располагаются кнопки переключателя и таблица со схемой, связывающей действия кнопок и используемых насадок. Приборы имеют обычно две шкалы (0–100 и 0–30), на которых точками отмечено начало диапазона измерения, а также корректор для установки стрелки в нулевое положение и вилку для присоединения фотоэлемента.

Для уменьшения косинусной погрешности, возникающей при падении световых лучей на освещаемую поверхность под углом, применяется насадка на элемент, выполненная в виде полусферы из белой светорассеивающей пластмассы. Эта насадка, обозначенная буквой К, применяется не самостоятельно, а совместно с одной из других насадок (например, М, Р и Т).

Каждая из этих насадок совместно с насадкой К образует поглотители с коэффициентом ослабления 10, 100 и 1000 и применяется для расширения диапазона измерений, умноженного, соответственно, на коэффициент ослабления. Насадка подбирается так, чтобы стрелка измерителя находилась в пределах шкалы. Более подробное описание прибора и методика измерений излагаются в инструкции по эксплуатации прибора.

### 8.2 Измеритель видимости М53А

В окуляре 3 (рисунок 8.1) измерителя видимости находится шкала. Перед каждым замером необходимо поворотом ручки кремальеры 2 выставить шкалу на нулевую отметку. Далее, наблюдая через призму 1 объект различения, видимость которого требуется оценить, медленно поворачивают ручку кремальеры 2 по направлению к окуляру 3. В начале измерения видно только одно изображение объекта. По мере поворота ручки 2 снизу появляется слабое второе изображение, которое постепенно усиливается. Верхнее изображение начинает ослабевать и наконец совсем исчезает. В этот момент прекращают вращение ручки 2 и снимают отсчет по шкале (окуляр 3).

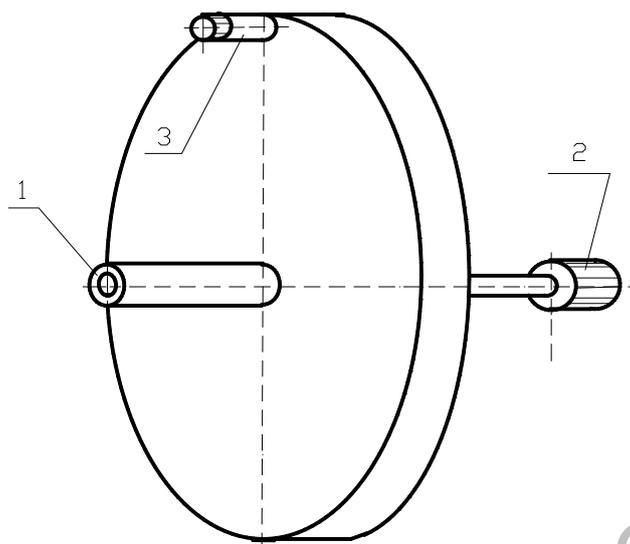


Рисунок 8.1 – Измеритель видимости М53А

Видимость вычисляют по формуле

$$V = 1 / \cos^2 [ 0,9 (n_{cp} + \Delta n_0) ], \quad (8.1)$$

где  $n_{cp}$  – среднее значение из трех последовательных отсчетов по шкале, град. (1 град = 0,9°);  $n_{cp} = (n_1 + n_2 + n_3) / 3$ ;

$\Delta n_0$  – поправка на место нуля шкалы, приведенная в паспорте прибора (-0,3).

Расстояние до объекта различения должно быть равно расстоянию во время наблюдения за объектом в обычных условиях работы.

## 9 Порядок выполнения работы

Перед выполнением работы ознакомиться с основными теоретическими положениями, изложенными выше.

Задание выдается преподавателем в соответствии с нижеприведенным перечнем заданий.

При проведении занятий в светлое время суток определяются показатели освещенности и видимости при естественном и искусственном освещении. В темное время – только при искусственном.

### 9.1 Исследование зрительных условий при естественном освещении

9.1.1 Указать вид естественного освещения в помещении: боковое одностороннее, боковое двустороннее, верхнее, комбинированное.

9.1.2 Определить размер минимального объекта различения, оценить контраст объекта с фоном, характеристику фона и по [12, таблица А.1] опре-

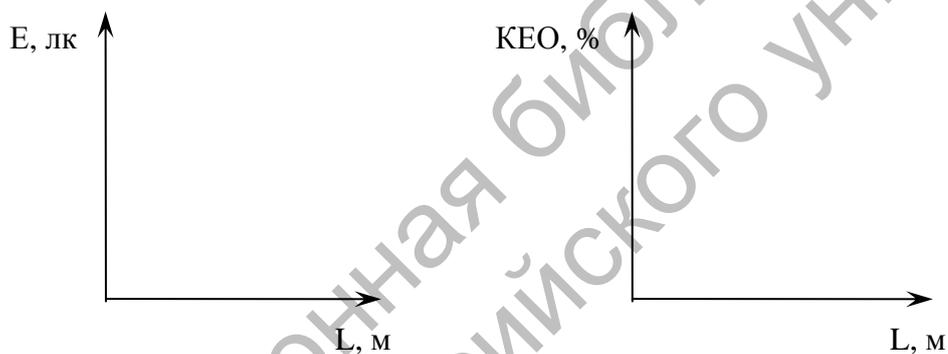
делить разряд и подразряд зрительной работы.

9.1.3 Произвести измерение освещенности в помещении через 1 м от поверхности стены по ширине помещения (на высоте 0,8 м от пола) с помощью люксметра, вычислить КЕО и полученные данные занести в таблицу 9.1.

Таблица 9.1 – Результаты измерений естественного освещения

Расстояние от поверхности стены, м	1	2	3	4	5
Освещенность, лк					
КЕО, %					

9.1.4 Построить кривую светораспределения помещения.



9.1.5 Сравнить данные таблицы 9.1 с нормативной величиной КЕО, сделать вывод о соответствии естественного освещения требованиям СНБ 2.04.05-98.

9.1.6 Рассчитать площадь окон.

9.1.7 Сравнить результаты расчетов с площадью окон и сделать выводы.

9.1.8 Сравнить полученные выводы с выводами пункта 9.1.5.

## 9.2 Исследование зрительных условий при искусственном освещении

Исследование искусственного освещения выполняют в помещении при закрытых шторами окнах или в темное время суток.

9.2.1 Определить вид искусственного освещения в помещении: общее, местное, комбинированное, локальное.

9.2.2 Определить размер минимального объекта различения, оценить

контраст объекта с фоном, характеристику фона и по [12, таблица А.1] определить разряд и подразряд зрительной работы.

9.2.3 С помощью люксметра произвести замер фактической освещенности на рабочем месте.

9.2.4 Сделать вывод о количественном соответствии требованиям СНБ 2.04.05-98.

9.2.5 Определить количество ламп, необходимое для освещения помещения, сравнить с имеющимся и сделать выводы.

9.2.6 Сравнить выводы, полученные при измерении освещенности, с выводами, полученными при расчетах освещенности.

### 9.3 Оценка показателей видимости

9.3.1 Выбрать минимальный объект различения на рабочей поверхности и согласно указаниям подраздела 8.2 снять три отсчета измерителем видимости ( $n_1, n_2, n_3$ ). Рассчитать среднее значение  $n_{cp}$ .

9.3.2 Определить численное значение видимости по формуле (8.1).

9.3.3 Определить разряд видимости и характеристику по таблице 9.2, все данные занести в таблицу 9.3.

9.3.4 Сделать вывод о качестве зрительных условий на рабочем месте. При этом, если характеристика видимости «хорошая» или «отличная», то качество зрительных условий считается соответствующим гигиеническим требованиям.

Таблица 9.2 – Определение разряда и характеристики видимости

Разряд видимости	Численное значение видимости	Характеристика видимости
1	Менее 2	Очень слабая
2	2–4	Слабая
3	4–8	Удовлетворительная
4	8–16	Вполне удовлетворительная
5	16–32	Хорошая
6	32–64	Очень хорошая
7	Более 64	Отличная

Таблица 9.3 – Результаты расчетов

$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_{cp}$	$v$	Разряд видимости	Характеристика видимости

#### 9.4 Исследование зависимости изменения освещенности от высоты расположения светильников и мощности ламп

Измерение освещенности выполняется в лаборатории при закрытых шторами окнах и в отгороженной от остальной части помещения специальной кабине и на специальном стенде.

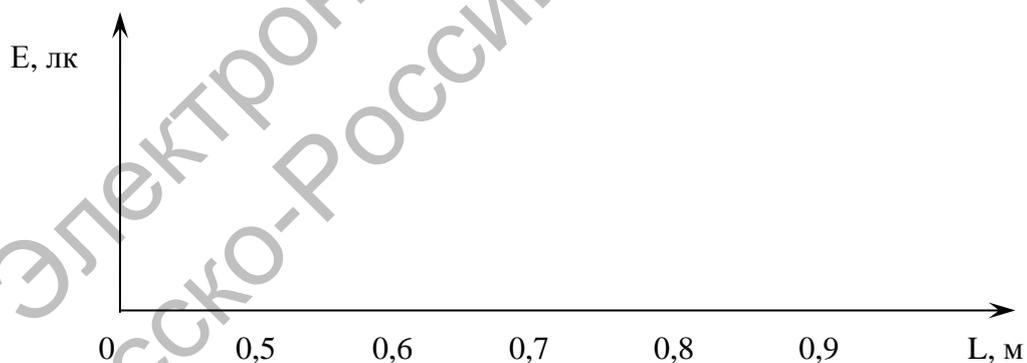
9.4.1 Блок с лампами накаливания и люминесцентной лампой различной мощности расположить на высоте от 0,5 до 1,0 м от рабочего места через 10 см.

9.4.2 С помощью люксметра произвести замер освещенности на рабочем месте под каждой лампой и на различной высоте и полученные данные занести в таблицу 9.4.

Таблица 9.4 – Результаты измерения освещенности  $E$  в зависимости от высоты расположения ламп над рабочей поверхностью  $h$  и мощности ламп  $N$

h, м	N, Вт				
0,5					
0,6					
...					

9.4.3 Для каждой лампы построить кривые изменения освещенности.



9.4.4 Сделать выводы о характере изменения освещенности от типа и мощности ламп, высоты расположения их над рабочей поверхностью.

9.4.5 Произвести расчет общей освещенности помещений механических, инструментальных, сборочных и гальванических цехов по вышеизложенным методикам [12, таблицы А.7–А.9].

## 10 Требования к отчету

Отчет должен содержать сведения о видах производственного освещения, результаты расчетов, замеров, выводы.

### Список литературы

1 Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г. М. Кнорринга. – Л. : Энергия, 1976. – 384 с.

2 **Епанешников, М. М.** Электрическое освещение : учеб. пособие для студентов вузов / М. М. Епанешников. – 4-е изд., перераб. – М. : Энергия, 1973. – 352 с.

3 Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 472 с.

4 **Оболенцев, Ю. Б.** Электрическое освещение общепромышленных помещений / Ю. Б. Оболенцев, Э. Л. Гиндин. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 112 с. : ил.

5 **Дятков, С. В.** Архитектура промышленных зданий / С. В. Дятков, А. П. Михеев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : АСВ, 1998. – 480 с.

6 **СТБ 1944-2009.** Светильники. Общие технические условия. – Минск : Госстандарт, 2009. – 42 с.

7 **Лазаренков, А. М.** Освещение рабочих мест : учеб.-метод. пособие по дисциплине «Охрана труда» для студентов всех специальностей / А. М. Лазаренков, Ж. В. Первачук. – Минск : БГПА, 1999. – 40 с.

8 **Буралев, Ю. В.** Безопасность жизнедеятельности на транспорте : учебник / Ю. В. Буралев. – М. : Академия, 2004. – 288 с.

9 Безопасность жизнедеятельности : учебник / Под ред. С. В. Белова. – 4-е испр. и доп. – М. : Высш. шк., 2004. – 606 с.

10 **Кравчяня, Э. М.** Охрана труда и основы энергосбережения : учеб. пособие / Э. М. Кравчяня. – 2-е изд. – Минск : ТетраСистемс, 2005. – 288 с.

11 **Тесленко, И. М.** Освещение производственных помещений [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. М. Тесленко. – Хабаровск : ДВГУПС, 2001. – 114 с. : ил. – эл. копия (mht).

12 Охрана труда : метод. указания для самостоятельной работы, выполнения лабораторных работ и выполнения раздела «Охрана труда» в дипломных проектах. Промышленное освещение : в 2 ч. / Сост. С. В. Матусевич, Е. В. Жаравович. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2009. – Ч. 2. – 47 с.