

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра безопасности жизнедеятельности

# **ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМФОРТА ВИЗУАЛЬНОЙ СРЕДЫ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ (ЕСТЕСТВЕННОЕ И ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ)**

Методические указания

Составители:

И. В. Ефремов, Л. А. Быкова, Е. Л. Горшенина,  
А. И. Байтелова, А. В. Быков

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по всем направлениям подготовки

Оренбург  
2020

УДК 628.543 (076.5)  
ББК 38.761.2 я 7  
О 13

Рецензент - кандидат технических наук, доцент В. А. Солопова

- О 13 **Обеспечение комфорта визуальной среды на рабочем месте (естественное и искусственное освещение):** методические указания / составители И. В. Ефремов, Л. А. Быкова, Е. Л. Горшенина, А. И. Байтелова, А. В. Быков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2020. – 45 с.

Методические указания содержат необходимые теоретические сведения, формулы для расчетов, справочные материалы, задания и вопросы для самоконтроля по теме «Обеспечение комфорта визуальной среды на рабочем месте (естественное и искусственное освещение)».

Методические указания предназначены для проведения практических занятий по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по всем направлениям подготовки, а также могут быть использованы при разработке вопросов безопасности производственных процессов в выпускных квалификационных работах.

УДК 628.543 (076.5)  
ББК 38.761.2 я 7

© Ефремов И.В.,  
Быкова Л.А.,  
Горшенина Е.Л.,  
Байтелова А.И.,  
Быков А.В.,  
составление, 2020  
© ОГУ, 2020

## Содержание

Введение.....	4
1 Основные светотехнические характеристики .....	5
2 Виды производственного освещения.....	9
2.1 Общие положения .....	9
2.2 Нормирование и расчет естественного освещения .....	12
2.3 Нормирование искусственного освещения .....	14
2.4 Источники света и осветительные приборы .....	15
2.5 Методы расчета искусственного освещения.....	18
3 Задания .....	23
4 Вопросы для самоконтроля.....	26
Список использованных источников .....	27
Приложение А .....	28
Приложение Б.....	33
Приложение В.....	36

## Введение

Свет, как естественный, так и искусственный, является обязательным условием жизни человека, необходим для сохранения здоровья и высокой производительности труда.

Обеспечивая непосредственную связь организма с окружающим миром, свет является сигнальным раздражителем для органа зрения и организма в целом. Свет оказывает влияние на формирование суточного ритма, физиологических функций организма человека. Однако свет может оказаться и вредным фактором, если его параметры не отвечают гигиеническим нормативам. Нормальное освещение действует тонизирующее, улучшает протекание основных процессов высшей нервной деятельности, стимулирует обменные и иммуннобиологические процессы. Основная информация об окружающем нас мире – 90 % - поступает через зрительный анализатор.

Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции, благоприятно влияет на производственную деятельность, что оказывает положительное воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм [2, 4, 5, 9].

Организация рационального освещения производственных помещений и рабочих мест – одна из важных задач охраны труда.

В связи с вышесказанным, целью методических указаний является ознакомление с влиянием условий освещения на безопасность труда и снижение травматизма, с основными светотехническими характеристиками, изучение основных принципов нормирования, а также порядка расчета естественного и искусственного освещения.

# 1 Основные светотехнические характеристики

Зрительные ощущения происходят под воздействием электромагнитного излучения, лежащего в диапазоне длин волн 380 - 760 нм.

Освещение можно характеризовать количественными и качественными показателями.

Количественными показателями являются:

1. Световой поток  $\Phi$  - это часть лучистого потока, воспринимаемая человеком как свет; характеризует мощность светового излучения, измеряется в люменах (лм).

2. Сила света  $I$  - пространственная плотность светового потока: определяется как отношение светового потока  $d\Phi$ , исходящего из источника и равномерно распространяющегося внутри телесного угла  $d\Omega$ , к величине этого угла:

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}, \quad (1)$$

Единица измерения силы света - кандела (кд)

3. Освещенность  $E$  - поверхностная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока  $d\Phi$ , равномерно падающего на освещаемую поверхность  $dS$  ( $\text{м}^2$ ), и ее площади:

$$E = \frac{d\Phi}{dS}, \quad (2)$$

Освещенность измеряется в люксах (лк).

4. Яркость  $L$  поверхности под углом  $\alpha$  к нормали - это отношение силы света  $dI_\alpha$ , излучаемой, освещаемой или светящейся поверхностью в этом направлении, к площади  $dS$  проекции этой поверхности, на плоскость, перпендикулярную к этому направлению (рисунок 1):

$$L = \frac{dI\alpha}{dS \cdot \cos \alpha} \quad (3)$$

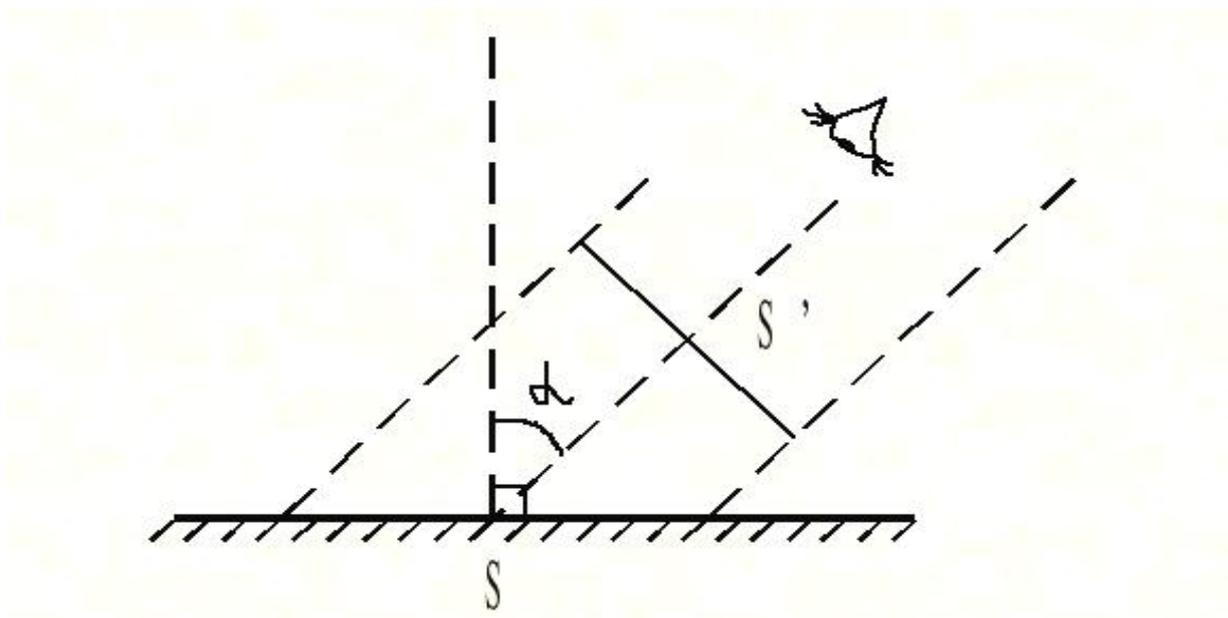


Рисунок 1 - К определению яркости поверхности

Единица измерения яркости - кд/м<sup>2</sup>.

Для качественной оценки условий зрительной работы пользуются такими показателями как фон, контраст объекта с фоном, коэффициент пульсации освещенности, показатель ослепленности, видимость, спектральный состав света.

1. Фон - это поверхность, на которой происходит различие объекта. Фон характеризуется способностью поверхности отражать падающий на нее световой поток. Эта способность называется коэффициентом отражения ( $\rho$ ) и определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока  $\Phi_{отр}$  к падающему на нее световому потоку  $\Phi_{пад}$ :

$$\rho = \frac{\Phi_{отр}}{\Phi_{пад}} \quad (4)$$

При  $\rho > 0,4$  фон считается светлым, при  $0,2 < \rho < 0,4$  - средним и при  $\rho < 0,2$  - темным.

2. Контраст объекта с фоном  $k$  - степень различения объекта и фона и характеризуется соотношением яркостей объекта (точки, линии, знака, пятна, риски, трещины и т.д.) и фона

$$k = \frac{L_{об} - L_{ф}}{L_{ф}} \quad (5)$$

При  $k > 0,5$  контраст считается большим (объект резко различается на фоне), при  $k = 0,2 - 0,5$  контраст средний (объект и фон заметно отличаются по яркости), при  $k < 0,2$  контраст малый (объект слабо заметен на фоне).

3. Коэффициент пульсации освещенности  $K_E$  - критерий глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока

$$K_E = \frac{E_{max} - E_{min} \cdot 100}{2E_{cp}}, \quad (6)$$

где  $E_{max}$ ,  $E_{min}$ ,  $E_{cp}$  - максимальное, минимальное и среднее значение освещенности за период колебаний; для газоразрядных ламп  $K_E = 25 - 65 \%$ , для обычных ламп накаливания  $K_E = 7 \%$ , для галогенных ламп накаливания  $K_E = 1 \%$ .

4. Показатель ослепленности  $P_o$  - критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой

$$P_o = \frac{V_1}{V_2} - 1 \cdot 1000, \quad (7)$$

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

5. Видимость  $V$  характеризует способность глаза воспринимать объект. Она зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта

с фоном. Видимость определяется числом пороговых контрастов в контрасте объекта с фоном

$$V = \frac{k}{k_{\text{пор}}}, \quad (8)$$

где  $k_{\text{пор}}$  - пороговый или наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличим на этом фоне.

## **2 Виды производственного освещения**

### **2.1 Общие положения**

При освещении производственных помещений используют:

- 1) естественное освещение, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода и меняющимся в зависимости от географической широты, времени года и суток, степени облачности и прозрачность атмосферы;
- 2) искусственное освещение, создаваемое энергетическими источниками света;
- 3) совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным.

Конструктивно естественное освещение подразделяют на боковое (одно- и двухстороннее), осуществляемое через световые проемы в наружных стенах; верхнее - через аэрационные и зенитные фонари, проемы в кровле и перекрытиях; комбинированное - сочетание верхнего и бокового освещения.

Искусственное освещение по конструктивному исполнению может быть двух видов - общее и комбинированное.

При выполнении точных зрительных работ в местах, где оборудование создает глубокие, резкие тени или рабочие поверхности расположены вертикально, наряду с общим освещением применяют местное. Совокупность местного и общего освещения называют комбинированным освещением.

Применение одного местного освещения внутри производственных помещений не допускается, поскольку образуются резкие тени, зрение быстро утомляется и создается опасность производственного травматизма.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяют на рабочее, аварийное и специальное, которое в свою очередь подразделяется на охранное, дежурное, сигнальное, эритемное, бактерицидное и др. [4, 5].

Рабочее освещение обеспечивает нормируемые световые условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и местах производства работ вне зданий.

Аварийное освещение подразделяется на эвакуационное и резервное. Виды аварийного освещения представлены на рисунке 2 [1].

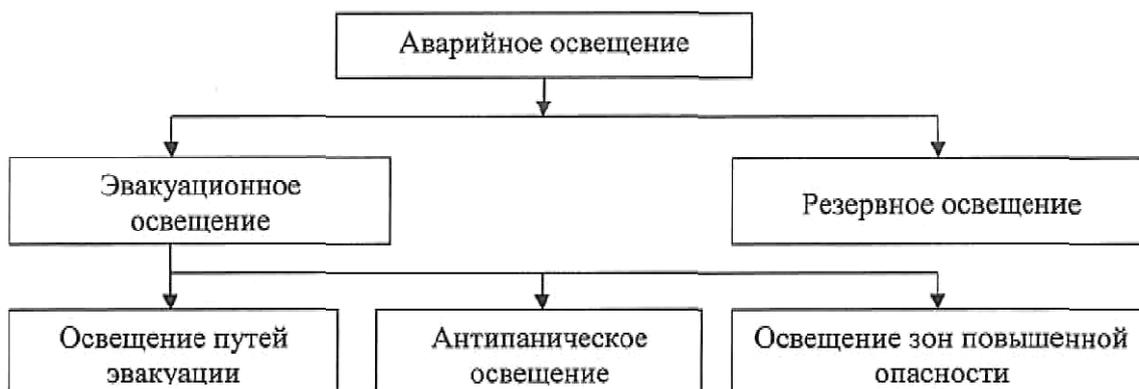


Рисунок 2 – Виды аварийного освещения

Аварийное освещение предусматривается на случай нарушения питания основного (рабочего) освещения. Аварийное освещение должно включаться автоматически при пропадании питания основного (рабочего) освещения, а также по сигналам систем пожарной и аварийной сигнализации или вручную, если сигнализации нет или она не сработала. Аварийное освещение подключается к источнику питания, независимому от источника питания рабочего освещения.

Освещение путей эвакуации в помещениях и местах производства работ вне зданий следует предусматривать по путям эвакуации:

- в коридорах и проходах по путям эвакуации;
- в местах изменения (перепада) уровня пола или покрытия;
- в зоне каждого изменения направления пути;
- на пересечении проходов и коридоров;
- на лестничных маршах, при этом каждая ступень должна быть освещена прямым светом;

- перед каждым эвакуационным выходом из помещения, требующего эвакуационного освещения;
- перед пунктом медицинской помощи;
- в местах размещения средств экстренной связи;
- в местах размещения средств пожаротушения;
- в местах размещения плана эвакуации;
- снаружи перед конечным выходом из здания или сооружения.

Антипаническое освещение направлено на предотвращение паники и обеспечение условий для безопасного подхода к путям эвакуации и его следует предусматривать в больших помещениях площадью более 60 м<sup>2</sup> при одновременном нахождении в нем 30 и более человек.

Эвакуационное освещение зон повышенной опасности следует предусматривать для безопасного завершения потенциально опасного процесса или ситуации.

Охранное освещение (при отсутствии специальных технических средств охраны) должно предусматриваться вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время. Освещенность должна быть не менее 0,5 лк на уровне земли в горизонтальной плоскости или на уровне 0,5 м от земли на одной стороне вертикальной плоскости, перпендикулярной к линии границы.

Дежурное освещение – это освещение, используемое в нерабочее время. Область применения, значения освещенности, равномерность и требования к качеству для дежурного освещения не нормируются.

Сигнальное искусственное освещение используется для обозначения границ опасных зон.

Эритемное освещение (облучение) создается в производственных помещениях, где недостаточно солнечного света (северные районы, подземные сооружения). Максимальное эритемное воздействие оказывают электромагнитные лучи с  $\lambda = 0,297$  мкм. Они стимулируют обмен веществ, кровообращение, дыхание и другие функции организма человека.

Бактерицидное освещение (облучение) предназначено для обеззараживания воздуха, питьевой воды, продуктов питания (УФ лучи с  $\lambda = 0,754 - 0,757$  мкм).

## 2.2 Нормирование и расчет естественного освещения

Степень освещенности естественным светом внутри помещения зависит от времени дня и времени года, состояния погоды, а также месторасположения и планировки здания, ориентации здания, ориентации окон, числа и величины оконных проемов.

Оценка освещенности естественным светом сводится к определению коэффициента естественной освещенности ( $KEO$ ), который представляет собой выраженное в процентах отношение освещенности в заданной точке помещения ( $E_{вн}$ ) к одновременной освещенности наружной точки ( $E_{нар}$ ), находящейся на горизонтальной плоскости, освещенной рассеянным светом всего небосвода:

$$KEO = \frac{E_{вн}}{E_{нар}} \cdot 100 \% \quad (9)$$

В небольших помещениях при одностороннем боковом естественном освещении нормируется минимальное значение  $KEO$  в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения условной рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, а при двустороннем боковом освещении - в точке посередине помещения.

При верхнем или комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение  $KEO$  в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разряда помещения и условной рабочей

поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

Согласно СП 52.13330.2016 нормированное значение  $KEO$  ( $e_H$ ) для зданий, располагаемых в различных районах (приложение А) следует определить по формуле:

$$e_H = e \cdot m, \quad (10)$$

где  $e$  - нормированное значение коэффициента естественной освещенности, % (приложение А);

$m$  - коэффициент светового климата (приложение А).

При определении достаточности естественного освещения на стадии проектирования производственного помещения для правильной расстановки оборудования и размещения рабочих мест необходимо рассчитать площадь остекления световых проемов.

При боковом освещении помещений расчет площади световых проемов ведется по формуле:

$$S_o = \frac{S_n \cdot e_H \cdot k_3 \cdot \eta_o \cdot K_{зд}}{100 \cdot \tau_o \cdot r_1}, \quad (11)$$

где  $S_o$  - площадь световых проемов, м<sup>2</sup>;

$S_n$  - площадь пола помещения, м<sup>2</sup>;

$e_H$  - нормированное значение коэффициента естественной освещенности, %;

$k_3$  - коэффициент запаса (приложение А);

$\eta_o$  - световая характеристика окон (приложение А);

$K_{зд}$  - коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями (приложение А);

$r_l$  - коэффициент, учитывающий влияние отраженного света (приложение А);

$\tau_o$  - общий коэффициент светопропускания.

Значения коэффициента  $\tau_o$  можно определить по таблице А7 приложения А либо рассчитать по формуле:

$$\tau_o = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (12)$$

где  $\tau_1$  - коэффициент светопропускания материала;

$\tau_2$  - коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема;

$\tau_3$  - коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях (при боковом освещении  $\tau_3 = 1$ );

$\tau_4$  - коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах;

$\tau_5$  - коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимается равным 0,9.

### 2.3 Нормирование искусственного освещения

Искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СП 52.13330.2016 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном.

Искусственное освещение нормируется количественными (минимальной освещенностью  $E_{\min}$ ) и качественными показателями (показателями ослепленности и дискомфорта, коэффициентом пульсации освещенности  $K_E$ ). Принято раздельное нормирование искусственного освещения в зависимости от применяемых источников света и системы освещения. Нормативное значение освещенности для газоразрядных ламп при прочих равных условиях из-за большой светоотдачи выше, чем для ламп накаливания. При комбинированном

освещении доля общего освещения должна быть не менее 10 % нормируемой освещенности. Эта величина должна быть не менее 150 лк для газоразрядных ламп и 50 лк для ламп накаливания.

Для ограничения слепящего действия светильников общего освещения в производственных помещениях показатель ослепленности не должен превышать 20 - 80 единиц в зависимости от продолжительности и разряда зрительной работы. При освещении производственных помещений газоразрядными лампами, питаемыми переменным током промышленной частоты 50 Гц, глубина пульсаций не должна превышать 10 - 20 % в зависимости от характера выполняемой работы.

## **2.4 Источники света и осветительные приборы**

Источники света, применяемые для искусственного освещения, делят на две группы - газоразрядные лампы и лампы накаливания.

Лампы накаливания относятся к источникам света теплового излучения. Видимое излучение в них получается в результате нагрева электрическим током вольфрамовой нити. В газоразрядных лампах излучение оптического диапазона спектра возникает в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов и паров металлов, а также за счет явлений люминесценции, которое невидимое ультрафиолетовое излучение преобразует в видимый свет.

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

Благодаря удобству в эксплуатации, простоте в изготовлении, низкой инерционности при включении, отсутствию дополнительных пусковых устройств, надежности работы при колебаниях напряжения и при различных

метеоусловиях окружающей среды лампы накаливания находят широкое применение в промышленности. Наряду с отмеченными преимуществами лампы накаливания имеют недостатки: низкая световая отдача (для ламп общего назначения  $\psi = 7 - 20$  лм/Вт), сравнительно малый срок службы (до 2,5 тыс.ч), в спектре преобладают желтые и красные лучи, что сильно отличает их спектральный состав от солнечного света. Следует отметить, что в скором времени производство ламп накаливания будет полностью прекращено.

В последние годы все большее распространение получают галогенные лампы - лампы накаливания с йодным циклом. Наличие в колбе паров йода позволяет повысить температуру накала нити, т.е. световую отдачу лампы (до 40 лм/Вт). Пары вольфрама, испаряющиеся с нити накаливания, соединяются с йодом и вновь оседают на вольфрамовую спираль, препятствуя распылению вольфрамовой нити и увеличивая срок службы лампы до 3 тыс. ч. Спектр излучения галогеновой лампы близок к естественному [5].

Основным преимуществом газоразрядных ламп перед лампами накаливания является большая светоотдача 40 - 110 лм/Вт. Они имеют значительно больший срок службы (до 8 - 12 тыс.ч). От газоразрядных ламп можно получить световой поток любого желаемого спектра, подбирая соответствующим образом инертные газы, пары металлов, люминофор. По спектральному составу видимого света различают лампы дневного света (ЛД), дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ), холодно-белого (ЛХБ), тепло-белого (ЛТБ) и белого света (ЛБ), лампы тепло-белого света с улучшенной цветопередачей (ЛТБЦ), лампы тепло-белого света с высококачественной цветопередачей (ЛТБЦЦ).

Люминесцентные лампы делятся на 2 большие группы: линейные (ЛН) и компактные (КЛЛ). Лампа КЛЛ имеет изогнутую форму колбы и была разработана для замены изделий с нитью накала, используемых для внутреннего и наружного освещения. Принцип работы компактной лампы такой же, как линейной. Цель замены изделий с нитью накала на КЛЛ - снизить энергозатраты.

Основным недостатком газоразрядных ламп является пульсация светового потока, что может привести к появлению стробоскопического эффекта, заключающегося в искажении зрительного восприятия, что делает невозможным выполнение производственных операций и ведет к увеличению опасности травматизма. К недостаткам газоразрядных ламп следует отнести также длительный период разгорания, необходимость применения специальных пусковых приспособлений, облегчающих зажигание ламп; зависимость работоспособности от температуры окружающей среды. Газоразрядные лампы могут создавать радиопомехи, исключение которых требует специальных пусковых устройств.

При выборе источников света для производственных помещений необходимо руководствоваться общими рекомендациями: отдавать предпочтение газоразрядным лампам как энергетически более экономичным и обладающим большим сроком службы; для уменьшения первоначальных затрат на осветительные установки и расходов на их эксплуатацию необходимо по возможности использовать лампы наименьшей мощности, но без ухудшения при этом качества освещения.

Создание в производственных помещениях качественного и эффективного освещения невозможно без рациональных светильников.

*Электрический светильник* - это совокупность источника света и осветительной арматуры, предназначенной для перераспределения излучаемого источником светового потока в требуемом направлении, предохранения глаз рабочего от слепящего действия ярких элементов источника света, защиты источника от механических повреждений, воздействия окружающей среды и эстетического оформления помещения.

По распределению светового потока в пространстве различают светильники прямого, преимущественно прямого, рассеянного, отраженного и преимущественно отраженного света. В зависимости от конструктивного исполнения различают светильники открытые, защищенные, закрытые, пыленепроницаемые, влагозащитные, взрывозащищенные, взрывобезопасные.

## 2.5 Методы расчета искусственного освещения

Задачей расчета является определение требуемой мощности электрической осветительной установки для создания в производственном помещении заданной освещенности.

При проектировании осветительной установки необходимо решить следующие основные вопросы:

- выбрать тип источника света - рекомендуются газоразрядные лампы, за исключением мест, где температура воздуха может быть менее +5 °С и напряжение в сети может падать ниже 90 % номинального, а также местного освещения (в этих случаях применяются лампы накаливания);
- определить систему освещения (общая локализованная или равномерная, комбинированная);
- выбрать тип светильников с учетом характеристик светораспределения, условий среды (конструктивного исполнения) и др;
- распределить светильники и определить их количество (светильники могут располагаться рядами, в шахматном порядке, ромбовидно);
- определить норму освещенности на рабочем месте.

Для расчета искусственного освещения используют в основном три метода.

Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности основным является *метод коэффициента использования светового потока*, учитывающий световой поток, отраженный от потолка и стен. Световой поток лампы  $\Phi$ , лм, при лампах накаливания или световой поток группы ламп светильника при люминесцентных лампах рассчитывают по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot z \cdot k_3}{N \cdot n \cdot u}, \quad (13)$$

где  $E_n$  - нормированная минимальная освещенность, лк;

$S$  - площадь освещаемого помещения,  $\text{м}^2$ ;

$z$  - коэффициент неравномерности освещения;

$k_3$  - коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности из-за загрязнения и старения лампы;

$N$  - число светильников;

$n$  - число ламп в светильнике;

$u$  - коэффициент использования светового потока.

Коэффициент неравномерности освещения  $z$  зависит от светораспределения светильников и их расположения в пространстве. Он учитывает, что в реальных условиях неизбежна некоторая неравномерность освещения поверхности. Значение коэффициента колеблется от 1 до 1,5. При расположении светильников, близком к наивыгоднейшему, его можно принять  $z = 1,1 - 1,2$ .

Коэффициент запаса  $k_3$  учитывает снижение освещенности из-за загрязнения и старения лампы. В случае освещения люминесцентными лампами:

$k_3 = 1,5$  - при запыленности помещения менее  $5 \text{ мг/м}^3$ ;

$k_3 = 1,8$  - при запыленности помещения от 5 до  $10 \text{ мг/м}^3$ ;

$k_3 = 2,0$  - при запыленности помещения более  $10 \text{ мг/м}^3$ .

При освещении лампами накаливания:

$k_3 = 1,3$  - при запыленности помещения менее  $5 \text{ мг/м}^3$ ;

$k_3 = 1,5$  - при запыленности помещения от 5 до  $10 \text{ мг/м}^3$ ;

$k_3 = 1,7$  - при запыленности помещения более  $10 \text{ мг/м}^3$ .

Для определения коэффициента использования светового потока  $u$  находится индекс помещения  $i$  и предположительно оцениваются коэффициенты отражения поверхностей помещения: потолка -  $\rho_n$ , стен -  $\rho_c$ , расчетной поверхности или пола -  $\rho_p$  (приложение Б).

Индекс помещения находится по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A+B)}, \quad (14)$$

где  $A$  и  $B$  - длина и ширина помещения, м;

$H_p$  - высота светильников над рабочей поверхностью, м.

Коэффициент использования светового потока определяется по таблицам, приведенным в специальных справочниках для проектирования электрического освещения в зависимости от типа светильника, отражательной способности стен, потолка и расчетной поверхности, размеров помещения, определенных индексом помещения (приложение Б).

Подсчитав световой поток лампы  $\Phi$ , подбирают ближайшую стандартную лампу и определяют электрическую мощность всей осветительной установки (таблицы приложения Б). При выборе лампы допускается отклонение светового потока от расчетного в пределах 10 - 20 %.

*Метод удельной мощности* является наиболее простым, но и наименее точным, поэтому его применяют только при ориентировочных расчетах. Этот метод позволяет определить мощность каждой лампы  $P$ , Вт, для создания в помещении нормируемой освещенности:

$$P = \frac{p \cdot S}{N \cdot n}, \quad (15)$$

где  $p$  - удельная мощность, Вт/м<sup>2</sup> (применяется из справочника для помещений данной отрасли);

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

$N$  - число светильников;

$n$  - число ламп в светильнике.

Удельная мощность осветительной установки служит функцией переменных: нормированной освещенности, коэффициента использования светового потока, типа источника света, типа и размещения светильников, размеров помещения, коэффициентов отражения его поверхностей. В

справочниках [6] даны таблицы удельных мощностей, составленные для ламп накаливания при коэффициенте запаса  $k_3 = 1,3$  и для люминесцентных ламп при  $k_3 = 1,5$  (приложение Б). При этом напряжение питания равно 220 В. Если напряжение осветительной установки 127 В, то табличные значения удельной мощности необходимо умножить на 0,86.

Удельная мощность прямо пропорциональна коэффициенту запаса. Поэтому при значениях этого коэффициента, отличных от тех, для которых составлены таблицы, табличные значения удельной мощности должны быть пропорционально пересчитаны.

*Точечный метод* применяют для расчета локализованного и комбинированного освещения, освещения наклонных и вертикальных плоскостей [3]. В основу точечного метода положено уравнение, связывающее освещенность и силу света:

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha \cdot \mu}{k_3 \cdot H_p^2}, \quad (16)$$

где  $I_{\alpha}$  - сила света в направлении от источника на заданную точку рабочей поверхности (определяют по кривым силы света или по таблицам выбранного типа светильника), кд;

$\alpha$  - угол между нормалью к рабочей поверхности и направлением силы света к расчетной точке (угол падения световых лучей, то есть угол между лучом и перпендикуляром к освещаемой поверхности), град.;

$\mu$  - коэффициент, учитывающий действие удаленных от расчетной точки светильников и отраженного светового потока от стен, потолка, пола, оборудования, падающего на рабочую поверхность в расчетной точке (принимают в пределах  $\mu = 1,05 - 1,2$ );

$k_3$  – коэффициент запаса;

$H_p$  – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

Критерием правильности расчета служит неравенство  $E \geq E_H$ .

Перед началом расчета освещения точечным методом необходимо вычертить в масштабе схему размещения светильников для определения геометрических соотношений и углов.

Расчет точечным методом более сложен, чем расчет по удельной мощности и методом коэффициента использования светового потока. Расчет ведется по специальным формулам, номограммам, графикам и вспомогательным таблицам. Данные о распределении силы света  $I_{\alpha}$  приводятся в светотехнических справочниках. При необходимости расчета освещенности в точке, создаваемой несколькими светильниками, подсчитывают освещенность от каждого из них, а затем полученные значения складывают.

### 3 Задания

3.1 Определить яркость  $L$  поверхности, если сила света, испускаемая элементом поверхности площадью  $S$  [м<sup>2</sup>] под углом  $\alpha$  к нормали составляет  $I$  [кд] (таблица В.1).

3.2 Контраст объекта с фоном равен  $k$ . Определить яркость объекта различения  $L_o$  [кд], если яркость фона равна  $L_\phi$  [кд] (таблица В.2).

3.3 Через световой проем проникает световой поток  $\Phi$  [лм] и отражается от стены площадью  $S$  [м<sup>2</sup>]. Определить коэффициент отражения  $\rho$  и среднюю освещенность стены  $E$  [лк], если отраженный световой поток равен  $\Phi_{отр.}$  [лм] (таблица В.3).

3.4 Производственное помещение имеет длину  $L$  [м], ширину  $B$  [м] и высоту  $H$  [м] (таблица В.4). Зрительная работа, выполняемая в помещении, имеет нормируемый КЕО в соответствии с СП 52.13330.2016, равный  $e_n$  [%]. Затенение помещения отсутствует ( $k_{з\partial} = 1$ ).

Рассчитать площадь световых проемов  $S$  [м<sup>2</sup>] и процент заполнения световыми проемами помещения (таблица В.4).

3.5 Помещение характеризуется незначительным пылевыведением. Норма освещенности для выполняемых в помещении работ составляет  $E$  [лк] (таблица В.5).

В качестве источников света используются газоразрядные люминесцентные лампы типа ЛБ мощностью 40 Вт в светильниках ПВЛМ-2 с тремя лампами, создающими световой поток  $\Phi = 3260$  лм. Коэффициент использования светового потока  $\eta = 0,85$ . Длина светильника  $l = 1,1$  м. Расстояние между светильниками в ряду 0,4 м. Рассчитать:

1) общее искусственное освещение для помещения, если длина, ширина, высота помещения равны соответственно 40, 30, 4 м;

2) общее число светильников в каждом ряду и полную длину всех светильников ряда, приняв минимальное число рядов светильников (таблица В.5).

3.6 Освещенность рабочего места при боковом освещении составляет  $E_{вн}$  [лк]. Наружное освещение принять  $E_{нар} = 6000$  лк. Определить коэффициент естественной освещенности и проверить, соответствуют ли условия естественного освещения требованиям СП 52.13330.2016 для «n» разряда зрительных работ (таблица В.6).

3.7 Рассчитать необходимую площадь световых проемов при применении бокового освещения в соответствии с требованиями СП 52.13330.2016 в производственном помещении для обеспечения нормированного значения КЕО для разряда работ «n». Оконные проемы не затеняются другими зданиями, ориентация светопроемов по отношению к частям света «O». Размеры помещения: длина  $L$  [м], ширина  $B$  [м], высота  $H$  [м]. Высота от уровня условной рабочей поверхности до верха окна  $h$  [м]. Пункт расположения помещения «П» (таблица В.7).

*Примечание:* светопропускающий материал и вид переплета, цветовую отделку помещения принять самостоятельно. При этом степень загрязнения светопропускающего материала принять незначительной; воздушная среда в помещении содержит не более  $5 \text{ мг/м}^3$  пыли, дыма, копоти.

3.8 Определить необходимое количество ламп накаливания для светильников типа ШМ (шар матовый) мощностью  $P$  [Вт] для создания общего искусственного освещения в помещении площадью  $S$  [м<sup>2</sup>], отвечающего нормативным требованиям  $E_n$  [лк]. Концентрация пыли по данным измерений составила  $C$  [мг/м<sup>3</sup>]; коэффициент неравномерности освещения «z». Высота подвеса светильника над рабочей поверхностью  $H$  [м] (таблица В.8).

3.9 Определить необходимое количество люминесцентных ламп дневного света марки «М» мощностью  $P$  [Вт] для создания общего искусственного освещения в помещении площадью  $S$  [м<sup>2</sup>], отвечающего нормативным требованиям  $E_n$  [лк]. Количество пыли по данным измерений составляет  $C$  [мг/м<sup>3</sup>]; коэффициент неравномерности освещения  $z$ ; высота подвеса светильника над рабочей поверхностью  $H$  [м] (таблица В.9).

3.10 Освещение участка площадью  $S$  м<sup>2</sup> запроектировано светильниками типа ПВЛМ-2. Количество светильников равно  $N$  (таблица В.10). Высота подвеса светильника над рабочей поверхностью  $H_p = 3,5$  м. В каждом светильнике установлено по 2 люминесцентные лампы. Коэффициент запаса равен  $k_3$ .

Рассчитать мощность источника света методом удельной мощности при нормированном значении освещенности  $E_H$ .

## 4 Вопросы для самоконтроля

4.1 Какое влияние оказывает освещение на безопасность труда и жизнедеятельность человека?

4.2 Перечислите основные количественные и качественные показатели освещения.

4.3 Что такое «освещенность»?

4.4 Дайте определение понятию «световой поток».

4.5 Назовите виды естественного освещения.

4.6 Как нормируется естественное освещение? Что такое КЕО?

4.7 Как рассчитать естественное освещение помещения?

4.8 Назовите виды искусственного освещения по конструкции и по функциональному назначению.

4.9 Какие виды аварийного освещения используются? Охарактеризуйте каждый из этих видов.

4.10 Как нормируется искусственное освещение?

4.11 Какие виды источников искусственного освещения Вы знаете? Назовите преимущества и недостатки различных типов источников света.

4.12 Как классифицируют светильники по характеру светораспределения, конструктивному исполнению и функциональному назначению?

4.13 Какие методы используются для расчета искусственного освещения?

4.14 В чем заключается сущность метода коэффициента использования светового потока?

4.15 Как определить высоту подвеса светильника над рабочей поверхностью?

4.16 Как можно рассчитать индекс помещения?

4.17 Какой метод применяют для расчета освещения наклонных и вертикальных плоскостей? В чем сущность этого метода?

## Список использованных источников

- 1 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*. - Введ. с 08.05.2017. – М.: Минстрой России, 2016. – 87 с.
- 2 Занько, Н.Г. Безопасность жизнедеятельности: учебник / Н.Г. Занько, К.Р. Малаян, О.Н. Русак.- 14-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 672 с.
- 3 Баев, В.И. Практикум по электрическому освещению и облучению / В.И. Баев. – М.: Агропромиздат, 1991. – 175 с.
- 4 Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для академического бакалавриата по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для бакалавров всех направлений подготовки в высших учебных заведениях России: учебник / С.В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2015. - 702 с.
- 5 Девисилов, В.А. Охрана труда: учебник / В.А. Девисилов. - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 512 с.
- 6 Справочная книга для проектирования электрического освещения: учебник для вузов / Г.М. Кнорринг, И.М. Фадин, В.Н. Сидоров. – 2-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург: Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.
- 7 Беляков, Г.И. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: учебник для бакалавров / Г.И. Беляков. - Москва: Юрайт, 2013. - 573 с.
- 8 Сборник задач по безопасности жизнедеятельности / Отв. ред. О.Н. Русак. – Санкт-Петербург: МАНЭБ, 1997. – 58 с.
- 9 Зотов, Б.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве: учебник / Б.И. Зотов, В.И. Кудрямов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: КолосС, 2006. – 432 с.
10. Светотехнический портал (информационный портал по светотехнической отрасли, представленной на российском рынке). – Режим доступа: <http://www.svetozone.ru/>

## Приложение А (обязательное)

### Справочные материалы по расчету естественного освещения

Таблица А.1 - Группы административных районов по ресурсам светового климата

Номер группы	Административный район
1	Московская, Смоленская, Калужская, Тульская, Курганская и другие области
2	Брянская, Курская, Орловская, Белгородская, Воронежская, Липецкая, Тамбовская, Пензенская, Самарская, Ульяновская, Оренбургская и другие области
3	Калининградская, Псковская и другие области, г. Санкт-Петербург
4	Архангельская, Мурманская области
5	Республика Калмыкия, Краснодарский край, Ростовская, Астраханская и др. области

Таблица А.2 - Коэффициенты светового климата

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата, <i>m</i>				
		Номер группы административных районов				
		1	2	3	4	5
В наружных стенах зданий	С	1	1,11	0,91	0,83	1,25
	СВ - СЗ	1	0,9	0,91	0,83	1,25
	З - В	1	0,9	0,91	0,91	1,25
	ЮВ - ЮЗ	1	1,18	1,00	0,91	1,25
	Ю	1	1,18	1,00	0,91	1,33
В прямоугольных и трапециевидных фонарях	С-Ю	1	1,11	0,91	0,83	1,33
	СВ - ЮЗ ЮВ - СЗ	1	1,11	0,83	0,83	1,43
	В - З	1	1,11	0,91	0,83	1,43
В фонарях типа «шед»	С	1	1,11	0,83	0,83	1,43
В зенитных фонарях	-	1	1,11	0,83	0,83	1,33

Таблица А.3 - Значение коэффициента естественной освещенности е для производственных помещений

Характеристика зрительной работы	Наименьший объект различения, мм	Разряд зрительной работы	Значение е при естественном освещении, %	
			боковом	верхнем и комбинированном
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	-	-
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	-	-
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	-	-
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV	1,5	4,0
Малой точности	Св. 1 до 5	V	1,0	3,0
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	1,0	3,0
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII	1,0	3,0
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное наблюдение;  периодическое наблюдение при постоянном пребывании людей в помещении;  периодическое наблюдение при периодическом пребывании людей в помещении;  общее наблюдение за инженерными коммуникациями	-	VIII	1,0	3,0
			0,3	1,0
			0,2	0,7
			0,1	0,3

Таблица А.4 - Коэффициент запаса  $k_z$  при естественном освещении

Характеристика помещения	Расположение светопропускающего материала		
	вертикально	наклонно	горизонтально
1. Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне: а) св. $5\text{мг/м}^3$ пыли, дыма, копоти	1,5	1,7	2,0
	б) от 1 до $5\text{мг/м}^3$ пыли, дыма, копоти	1,4	1,5
		в) менее $1\text{мг/м}^3$ пыли, дыма, копоти	1,3
	г) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов	1,5	1,7
2. Помещения общественных и жилых зданий	1,2	1,4	1,5

Таблица А.5 - Значение световой характеристики  $\eta_o$  окон при боковом освещении

Отношение длины помещения $Ln$ к его глубине $B$	Значение световой характеристики $\eta_o$ при отношении глубины помещения $B$ к его высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна $h$							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 и более	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	-

*Примечание:*

Глубиной помещения ( $B$ ) считается расстояние от наружного края стены до наиболее удаленной от окна точки помещения.

Длина помещения ( $Ln$ ) – расстояние между стенами, перпендикулярными наружной стене.

Таблица А.6 - Значение коэффициента  $K_{зд}$ , учитывающего затенение окон противостоящими зданиями

$L/H_K$	$K_{зд}$
0,5	1,7
1	1,4
1,5	1,2
2	1,1
3 и более	1,0

где:  $L$  - расстояние между рассматриваемым и противостоящим зданием;  
 $H_K$  – высота расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна.

Таблица А.7 - Значение общего коэффициента  $\tau_0$  светопропускания окон

Вид переплета	Величина
Переплеты для окон жилых, общественных и вспомогательных зданий:	
а) деревянные:	
- одинарные	0,64
- спаренные	0,6
- двойные раздельные	0,52
- с тройным остеклением	0,4
б) металлические:	
- одинарные	0,72
- спаренные	0,68
- двойные раздельные	0,64
- с тройным остеклением	0,56

Таблица А.8 - Значение коэффициента  $r_1$

Отношение глубины помещения $B$ к высоте рабочей поверхности до верха окна $h$	Отношение расстояния расчетной точки от наружной стены к глубине помещения $B$	Значение $r_1$ при боковом освещении						Значение $r_1$ при боковом двустороннем освещении					
		Средневзвешенный коэффициент отражения $S$ потолка, стен и пола											
		0,5			0,4			0,5			0,4		
		Отношение длины помещения $L_n$ к его глубине $B$											
		0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более	0,5	1	2 и более
Более 2,5 до 3,5	0,1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1	1,1	1,05	1,05	1,05	1	1
	0,2	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05	1,15	1,1	1,05	1,1	1,1	1,05
	0,3	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1	1,2	1,15	1,1	1,15	1,1	1,1
	0,4	1,35	1,25	1,2	1,2	1,15	1,1	1,35	1,2	1,2	1,2	1,15	1,1
	0,5	1,6	1,45	1,3	1,35	1,25	1,2	1,5	1,4	1,25	1,3	1,2	1,15
	0,6	2	1,75	1,45	1,6	1,45	1,3	1,8	1,6	1,35	1,5	1,35	1,2
	0,7	2,6	2,2	1,7	1,9	1,7	1,4	2,25	1,9	1,45	1,7	1,5	1,25
	0,8	3,6	3,1	2,4	2,4	2,2	1,55	2,8	2,4	1,9	1,9	1,6	1,3
	0,9	5,3	4,2	3	2,9	2,45	1,9	3,65	2,9	2,6	2,2	1,9	1,5
1	7,2	5,4	4,3	3,6	3,1	2,4	4,45	3,35	2,65	2,4	2,1	1,6	
Более 3,5	0,1	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05	1,2	1,15	1,1	1,1	1,1	1,05
	0,2	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1	1,4	1,3	1,2	1,2	1,15	1,1
	0,3	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2	1,75	1,5	1,3	1,4	1,3	1,2
	0,4	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	2,35	2	1,75	1,6	1,4	1,3
	0,5	3,4	2,9	2,5	2	1,8	1,5	3,25	2,8	2,4	1,9	1,7	1,45
	0,6	4,6	3,8	3,1	2,4	2,1	1,8	4,2	3,5	2,85	2,25	2	1,7
	0,7	6	4,7	3,7	2,9	2,6	2,1	5,1	4	3,2	2,55	2,3	1,85
	0,8	7,4	5,8	4,7	3,4	2,9	2,4	5,8	4,5	3,6	2,8	2,4	1,95
	0,9	9	7,1	5,6	4,3	3,6	3	6,2	4,9	3,9	3,4	2,8	2,3
1	10	7,3	5,7	5	4,1	3,5	6,3	5	4	3,5	2,9	2,4	

## Приложение Б (обязательное)

### Справочные материалы по расчету искусственного освещения

Таблица Б.1 - Приблизительные значения коэффициентов отражения стен и потолка

Характер отражающей поверхности	Коэффициент отражения, %
Побеленный потолок; побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленные стены при не завешенных окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетонный и светлый деревянный потолок	50
Бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями	30
Стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; красный кирпич неоштукатуренный; стены с темными обоями	10

Таблица Б.2 - Характеристики наиболее распространенных ламп накаливания (напряжение 220В)

Параметры	Значение параметров ламп							
	15	25	40	60	100	150	200	300
Мощность $P$ , Вт								
Световой поток - $\Phi$ , лм	105	210	380	650	1000	2000	2920	4500

Таблица Б.3 - Светотехнические характеристики наиболее распространенных люминесцентных ламп (напряжение 220 В)

Тип ламп	Световой поток $\Phi$ , лм					
	15	20	30	40	65	80
Мощность лампы, Вт						
ЛДЦ	500	820	1450	2100	3050	3560
ЛД	590	920	1640	2340	3570	4070
ЛХБ	675	935	1720	2600	3820	4440
ЛБ	760	1180	2100	3000	4550	5220

Таблица Б.4 - Коэффициенты использования светового потока при коэффициенте отражения потолка  $\rho_{пот} = 50\%$ , стен  $\rho_{стен} = 30\%$  и расчетной плоскости  $\rho_{расч.пл} = 10\%$

Индекс помещения $i$	Коэффициенты использования светового потока, % при различных типах светильников			
	ЛЦ	ПВЛ	ОДОР	ШМ
0,5	18	10	20	8
0,8	31	18	31	18
1,0	36	22	35	22
1,5	43	29	43	26
2,0	48	33	48	30
2,5	51	37	51	33
3,0	53	39	53	36

Таблица Б.5 - Удельная мощность общего равномерного освещения при высоте подвеса светильника над рабочей поверхностью  $H_p = 3 - 4$  м. Светильники с люминесцентными лампами типа ПВЛМ

Нормированная освещенность $E_n$ , лк	Значения удельной мощности, Вт/м <sup>2</sup>			
	15 - 30	30 - 50	50 - 120	120 - 300
Площадь помещения, м <sup>2</sup>				
75	8,4	6,7	4,9	4,3
100	11,2	7,5	6,6	5,7
150	16,8	11,2	9,8	8,6
200	22,4	15	13,2	11,4
300	33,6	22,4	19,6	17,2

Таблица Б.6 - Удельная мощность общего равномерного освещения при высоте подвеса светильника над рабочей поверхностью 3 - 4 м. Светильники ПВЛМ-2

Нормированная освещенность $E_n$ , лк	Значения удельной мощности $P$ , Вт/м <sup>2</sup>			
	15-30	30-50	50-120	120-300
Площадь помещения $S$ , м <sup>2</sup>				
75	8,4	6,7	4,9	4,3
100	11,2	7,5	6,6	5,7
150	16,8	11,2	9,8	8,6
200	22,4	15	13,2	11,4
300	33,6	22,4	19,6	17,2

**Приложение В**  
**(обязательное)**

**Индивидуальные задания**

Таблица В.1 - Варианты к заданию 3.1

Номер варианта	$S$ , см <sup>2</sup>	$\alpha$ , град.	$I$ , кД
1	1,2	45	0,15
2	1,4	60	0,25
3	3,5	30	0,8
4	2,0	60	0,2
5	1,5	30	1,0
6	1,7	45	0,75
7	1,8	45	0,5
8	1,9	60	0,8
9	2,1	60	0,6
10	3,0	30	0,4
11	1,5	45	0,7
12	1,8	30	0,8
13	2,0	60	0,25
14	3,4	45	0,5
15	1,2	30	1,0
16	1,8	45	0,8
17	1,5	50	0,45
18	1,3	70	0,1
19	1,2	80	0,15
20	1,5	25	0,4

Таблица В.2 - Варианты к заданию 3.2

Номер варианта	$k$	$L_{\phi}$ , кД
1	0,2	200
2	0,3	800
3	0,6	1000
4	0,7	400
5	0,4	500
6	0,1	700
7	0,8	600
8	0,6	400
9	0,2	200
10	0,4	300
11	0,5	600
12	0,1	300
13	0,3	500
14	0,6	400
15	0,8	500
16	0,2	400
17	0,3	1000
18	0,4	200
19	0,7	800
20	0,9	900

Таблица В.3 - Варианты к заданию 3.3

Номер варианта	$\Phi$ , лм	$\Phi_{отр.}$ , лм	$S$ , м <sup>2</sup>
1	800	400	4
2	900	300	5
3	600	200	7
4	700	75	12
5	500	150	8
6	400	200	10
7	1000	190	5
8	500	220	8
9	800	350	10
10	900	540	12
11	700	420	15
12	400	175	30
13	500	290	40
14	400	120	20
15	300	135	5
16	250	75	7
17	850	300	6
18	750	250	10
19	400	190	12
20	500	200	5

Таблица В.4 - Варианты к заданию 3.4

Номер варианта	$L$ , м	$B$ , м	$H$ , м	$e_n$ , %
1	80	20	5	1
2	20	10	4	1,5
3	40	15	5	0,3
4	50	30	4	1
5	60	30	4	1,5
6	70	40	4	0,3
7	110	30	5	1
8	100	30	2,5	1,5
9	90	45	4,8	1
10	50	20	4,8	1,5
11	70	25	3	1,5
12	85	35	4	1
13	90	40	3,5	0,3
14	49	25	4,5	0,3
15	57	20	4,8	0,3
16	60	30	4,2	1,5
17	75	35	3,5	1
18	85	40	2,8	1,5
19	55	30	3,5	0,3
20	70	40	2,8	1,5

Таблица В.5 - Варианты к заданию 3.5

Номер варианта	<i>E</i> , лк
1	200
2	300
3	150
4	250
5	170
6	75
7	50
8	100
9	150
10	200
11	250
12	300
13	75
14	100
15	130
16	150
17	200
18	300
19	200
20	500

Таблица В.6 - Варианты к заданию 3.6

Номер варианта	Исходные данные	
	$E_{вн}$ , ЛК	$n$
1	100	VII
2	50	IV
3	65	V
4	40	VI
5	120	IV
6	200	V
7	150	VI
8	30	IV
9	80	V
10	20	VII
11	40	IV
12	100	V
13	120	VI
14	150	VI
15	80	VII
16	65	V
17	65	IV
18	80	V
19	150	VI
20	150	VII

Таблица В.7 - Варианты к заданию 3.7

Номер варианта	$L$ , м	$B$ , м	$H$ , м	$h$ , м	$n$	$O$	$\Pi$
1	12	5	3,6	2,4	IV	С	Москва
2	14	6	3,7	2,4	V	Ю	Оренбург
3	16	7	3,8	2,5	VI	З	Калининград
4	18	8	3,9	2,5	IV	В	Архангельск
5	20	9	4,0	2,6	VI	С-З	Астрахань
6	22	10	4,1	2,6	V	С-З	Москва
7	24	11	4,2	2,7	VII	Ю-З	Оренбург
8	26	12	4,3	2,7	V	Ю-В	Калининград
9	28	13	4,4	2,8	VI	З	Архангельск
10	30	14	4,5	2,8	IV	В	Москва
11	10	5	3,2	2,0	V	С	Оренбург
12	8	4	2,7	1,8	VI	Ю	Калининград
13	6	3	3,0	1,6	IV	С-В	Архангельск
14	15	8	4,0	2,6	VII	Ю-З	Москва
15	19	9	4,5	2,8	VI	Ю	Оренбург
16	23	11	4,3	2,5	V	Ю-В	Калининград
17	15	6	3,2	2,0	IV	Ю	Архангельск
18	12	7	3,8	2,5	IV	В	Москва
19	14	6	3,7	2,4	VII	З	Оренбург
20	16	5	3,6	2,4	IV	С	Калининград

Таблица В.8 - Варианты к заданию 3.8

Номер варианта	$P$ , Вт	$S$ , м <sup>2</sup>	$E_H$ , лк	$C$ , мг/м <sup>3</sup>	$z$	$H$ , м
1	60	50 x 10	100	5	1,2	4
2	100	48 x 6	300	3	1,2	4
3	200	42 x 8	200	2	1,1	5
4	60	60 x 11	150	10	1	5
5	40	70 x 10	75	12	1,3	5,5
6	25	72 x 12	200	4	1,1	4,5
7	25	50 x 11	200	2	1,1	3,8
8	15	55 x 12	150	6	1,2	5
9	200	40 x 10	100	10	1,4	4
10	300	45 x 11	250	4	1,3	4,4
11	15	60 x 10	75	5	1,1	3,6
12	150	61 x 12	300	3	1,1	4
13	100	48 x 10	100	7	1,2	4
14	60	49 x 12	100	10	1,1	3,5
15	60	50 x 11	150	2	1,3	5
16	40	50 x 10	200	1	1,2	4
17	40	60 x 12	250	8	1,2	5,5
18	150	40 x 13	300	4	1	6
19	300	41 x 11	75	3	1,1	4
20	100	50 x 12	200	7	1,2	5

Таблица В.9 - Варианты к заданию 3.9

Номер варианта	<i>M</i>	<i>P</i> , Вт	<i>S</i> , м <sup>2</sup>	<i>E<sub>H</sub></i> , лк	<i>C</i> , мг/м <sup>3</sup>	<i>z</i>	<i>H</i> , м
1	ЛДЦ	40	40 x 12	250	5	1,1	4,5
2	ЛД	80	40 x 10	200	12	1,2	4,2
3	ЛХБ	65	52 x 11	150	7	1	5
4	ЛБ	20	60 x 10	300	2	1,4	3,5
5	ЛДЦ	30	60 x 12	75	1	1,1	3,7
6	ЛД	15	32 x 10	100	4	1,3	4
7	ЛХБ	80	10 x 10	150	8	1,2	3
8	ЛБ	40	35 x 8	200	6	1	4
9	ЛДЦ	65	50 x 13	300	10	1,1	4
10	ЛД	15	70 x 10	75	3	1,1	5
11	ЛХБ	80	62 x 14	150	11	1,2	5,5
12	ЛБ	20	45 x 15	100	2	1,3	3,5
13	ЛДЦ	40	30 x 11	300	8	1	4
14	ЛД	65	40 x 10	200	4	1,2	4
15	ЛХБ	80	48 x 12	250	14	1,1	5
16	ЛБ	15	45 x 16	75	1	1,2	3
17	ЛДЦ	30	60 x 10	100	10	1,2	3,8
18	ЛД	20	51 x 11	200	7	1,5	4,4
19	ЛХБ	65	10 x 10	300	6	1,1	5
20	ЛБ	80	70 x 12	75	3	1,1	4

Таблица В.10 - Варианты к заданию 3.10

Номер варианта	$S, \text{ м}^2$	$N$	$k_3$	$E_H, \text{ ЛК}$
1	7 x 6	4	1,2	100
2	9 x 5	4	1,5	150
3	12 x 6	8	1,6	200
4	8 x 7	6	1,3	75
5	9 x 6	8	1,5	200
6	9 x 7	5	1,5	100
7	10 x 4,5	6	1,7	200
8	8 x 3	6	1,5	300
9	15 x 9	8	1,4	150
10	11 x 5	4	1,6	75
11	5,5 x 5	5	1,6	200
12	25 x 10	10	1,2	100
13	11 x 7	10	1,7	300
14	10 x 7	6	1,5	75
15	7 x 5	4	1,8	100
16	9 x 5	4	1,5	150
17	12 x 4	8	1,3	200
18	15 x 7	16	1,5	300
19	11 x 6	6	1,8	150
20	12 x 5	8	1,4	75