



Для оценки искусственного освещения в соответствии с действующими строительными нормами и правилами (СНиП) предусмотрены светотехнические параметры количественного и качественного характера.

*К количественным параметрам* относится освещенность  $E$  в люксах ( $лк$ ) на рабочем месте, которая легко рассчитывается или измеряется с помощью люксметра.

*К качественным параметрам* относится коэффициент пульсации  $KП$  в %, измеряемый с помощью прибора пульсометра. Эти параметры для действующих осветительных установок должны соответствовать значениям, указанным в нормах.

Принято раздельное нормирование параметров освещения в зависимости от применяемых источников света и системы освещения. Величина параметров устанавливается согласно характеру зрительной работы, который зависит от размеров объектов различения, характеристики фона и контраста объекта с фоном.

*Объект различения* в мм – размер наименьшего элемента, который необходимо увидеть в процессе работы (точка на экране ПЭВМ, самая тонкая линия на чертеже или приборной шкале и т.п.).

*Фон* – поверхность, на которой рассматривается объект различения, характеризуется коэффициентом отражения  $\rho$ . При  $\rho$  менее 0,2 фон считается темным, от 0,2 до 0,4 – средним и более 0,4 – светлым.

*Контраст объекта с фоном* – характеризует соотношение яркости рассматриваемого объекта и фона. При слабом различении объекта на фоне контраст считается малым, объект заметен на фоне – средним; четко различается на фоне – большим.

При выборе нормируемой освещенности размер объекта различения регламентирует выбор зрительного разряда от 1 до 7 в таблице норм (в данной лабораторной работе применяем разряды от 1 до 3), которая содержит минимально допустимые значения освещенности на рабочих местах при использовании газоразрядных ламп.

При проектировании осветительных установок стремятся обеспечить требования норм при минимальных затратах электроэнергии с сохранением равномерного распределения яркостей в поле зрения, исключая слепящее действие самих ламп. Для этого применяют светильники с рассеивающими экранами, матовыми стеклами, что приводит к частичной потере световой энергии (на 10 – 15%).

По конструкции различают светильники прямого света, концентрирующие световой поток в нижнюю полусферу с помощью белого или зеркального отражателя; рассеянного света (при равномерном распределении света в пространстве) и отраженного света (световой поток направлен в верхнюю полусферу).

Светлая окраска потолка, стен, мебели, оборудования способствует увеличению освещенности на рабочих местах за счет лучшего отражения и созданию более равномерного распределения яркостей в поле зрения.

Рациональное освещение должно быть спроектировано в соответствии с нормами, приведенными в СНиП 23-05-95 [26], а также рекомендациями, изложенными в литературе.

Задачей светотехнического расчета является определение светотехнических параметров осветительной установки, необходимых для обеспечения нормируемых характеристик освещения. Обеспечение нормируемой освещенности осуществляется путем выбора количества источников света (кол-во светильников), необходимых для создания требуемого уровня освещенности.

Существуют три метода расчета освещенности: метод коэффициента использования, метод расчета по удельной мощности и точечный метод.

*Метод коэффициента использования  $K_u$*  применяют при равномерном размещении светильников по потолку при большой плотности технологического оборудования и равномерном его расположении по площади цеха;

*Точечный метод* следует использовать при системе освещения при малой плотности технологического оборудования, при наличии высокого технологического оборудования или его концентрации в центре помещения. Этот метод позволяет определить освещенность в выбранных точках помещения.

*Метод расчета по удельной мощности* применим для приблизительной оценки правильности произведенного светотехнического расчета.

## 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА

Учитывая заданные по варианту характеристики зрительной работы (наименьший размер объекта различения, характеристика фона и контраст объекта различения с фоном), с помощью табл. 6.1. определяют разряд и подразряд зрительной работы, а также нормируемый уровень минимальности освещённости на рабочем месте.

Таблица 5.1. Нормы проектирования искусственного освещения

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Освещённость	
						Комбинированное освещение	Общее освещение
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	A	Малый	Темный	5000	1500
			B	« средний	Средний Темный	4000	1250
			B	малый средний большой	Светлый сред- ний Темный	2500	750
			Г	средний большой «	Светлый « средний	1500	400
Очень высокой точности	0,15 – 0,3	II	A	Малый	Темный	4000	1250
			B	« средний	Средний Темный	3000	750
			B	малый средний большой	Светлый сред- ний Темный	2000	500
			Г	средний большой «	Светлый « средний	1000	300
Высокой точности	0,3 – 0,5	III	A	Малый	Темный	2000	500
			B	« средний	Средний Темный	1000	300
			B	малый средний большой	Светлый сред- ний Темный	750	300
			Г	средний большой «	Светлый « средний	400	200

Распределяют светильники и определяют их число.

Равномерное освещение горизонтальной рабочей поверхности достигается при определённых отношениях расстояния между центрами светильников  $L$ , м ( $L = 1,75 \cdot H$ ) к высоте их подвеса над рабочей поверхностью  $H_p$ , м.

Число светильников с люминесцентными лампами (ЛЛ), которые приняты во всех вариантах в качестве источника света,

$$N = S / LM, \quad (5.1.)$$

где  $S$  – площадь помещения,  $m^2$ ;  $M$  – расстояние между параллельными рядами, м.  
В соответствии с рекомендациями

$$M \geq 0,6 H_p \quad (5.2.)$$

Оптимальное значение  $M = 2 \dots 3$  м.

Для достижения равномерной горизонтальной освещённости светильники с ЛЛ рекомендуется располагать сплошными рядами, параллельными стенам с окнами или длинным сторонам помещения.

Для расчёта общего равномерного освещения горизонтальной рабочей поверхности используют метод светового потока, учитывающий световой поток, отражённый от потолка и стен.

Расчётный световой поток, лм, группы светильников с ЛЛ.

$$\Phi_{л. расч.} = E_n \cdot S \cdot Z \cdot K / N \cdot \eta, \quad (5.3.)$$

где  $E_n$  – нормированная минимальная освещённость, лк;  $Z$  – коэффициент минимальной освещённости;  $Z = E_{ср} / E_{мин}$ , для ЛЛ  $Z = 1,1$ ;  $K$  – коэффициент запаса;  $\eta$  – коэффициент использования светового потока ламп.

Показатель помещения

$$i = A \cdot B / H_p \cdot (A+B), \quad (5.4.)$$

где  $A$  и  $B$  – длина и ширина помещения, м.

Значения коэффициента запаса зависят от характеристики помещения: для помещений с большим выделением тепла  $K = 2$ , со средним  $K = 1,8$ , с малым  $K = 1,5$ .

Значения коэффициента использования светового потока приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2. Значения коэффициента использования светового потока

Показатель помещения	1	2	3	4	5
Коэффициент использования светового потока $\eta$	0,28...0,46	0,34...0,57	0,37...0,62	0,39...0,65	0,40...0,66

По полученному значению светового потока с помощью табл. 5.3. подбирают лампы, учитывая, что в светильнике с ЛЛ может быть больше одной лампы, т. е.  $n$  может быть равно 2 или 4. В этом случае световой поток группы ЛЛ необходимо уменьшить в 2 или 4 раза.

Таблица 5.3. Характеристика люминесцентных ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Номинальный световой поток, лм
ЛБ 20	20	1200
ЛХБ 20	20	935
ЛТБ 20	20	975
ЛД 20	20	920
ЛДЦ 20	20	820
ЛЕЦ 20	20	865
ЛБ 30	30	2100
ЛХБ 30	30	1720
ЛТБ 30	30	1720
ЛД 30	30	1640
ЛДЦ 30	30	1450
ЛЕЦ 30	30	1400
ЛБ 40	40	3200

ЛБ 36	36	3050
ЛХБ 40	40	2600
ЛТБ 40	40	2580
ЛД 40	40	2340
ЛДЦ 40	40	2200
ЛДЦ 36	36	2200
ЛЕЦ 40	40	2190
ЛЕЦ 36	36	2150
ЛБ 65	65	4800
ЛХБ 65	65	3820
ЛТБ 65	65	3980
ЛД 65	65	3570
ЛДЦ 65	65	3050
ЛЕЦ 65	65	3400
ЛБ 80	80	5220
ЛХБ 80	80	440
ЛТБ 80	80	4440
ЛД 80	80	4070
ЛДЦ 80	80	3560

Световой поток выбранной лампы должен соответствовать соотношению

$$\Phi_{\text{л.расч.}} = (0,9 \dots 1,2) \cdot \Phi_{\text{л.табл.}}, \quad (5.5.)$$

где  $\Phi_{\text{л.расч.}}$  – расчётный световой поток, лм.;  $\Phi_{\text{л.табл.}}$  – световой поток, определённый по табл. 6.3., лм.

Потребляемая мощность, Вт, осветительной установки

$$P = p \cdot N \cdot n, \quad (5.6.)$$

где  $p$  – мощность лампы, Вт;  $N$  – число светильников, шт;  $n$  – число ламп в светильнике, для ЛЛ  $n = 2, 4$ .

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ.

- 3.1. Ознакомиться с методикой расчёта.
- 3.2. Определить разряд и подразряд зрительной работы, нормы освещённости на рабочем месте, используя данные варианта (табл. 5.4.) и нормы освещённости.
- 3.3. Рассчитать число светильников.
- 3.4. Распределить светильники общего освещения с ЛЛ по площади производственного помещения.
- 3.5. Определить световой поток группы ламп в системе общего освещения, используя данные варианта и формулу (5.3.).
- 3.6. Подобрать лампу по данным табл. 6.3. и проверить выполнение условия соответствия  $\Phi_{\text{л.расч.}}$  и  $\Phi_{\text{л.табл.}}$ .
- 3.7. Определить мощность, потребляемую осветительной установкой.
- 3.8. Подписать отчёт и сдать преподавателю.

4. Таблица 5.4. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ ПО ТЕМЕ “РАСЧЁТ ОБЩЕГО ОСВЕЩЕНИЯ”

Вариант	Производственное помещение	Габаритные размеры помещения, м:			Наименьший объект различения	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Характеристика помещения по условиям среды
		Длина А (3)	Ширина В (4)	Высота Н (5)				
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
01	Вычислительный центр, машинный зал	60	30	5	0,4	малый	светлый	Небольшая запылённость
02	Вычислительный центр, машинный зал	40	20	5	0,45	средний	средний	Небольшая запылённость
03	Дисплейный зал	35	20	5	0,35	малый	средний	Небольшая запылённость
04	Дисплейный зал	20	15	5	0,32	большой	тёмный	Небольшая запылённость
05	Архив хранения носителей информации	25	10	5	0,5	средний	светлый	Небольшая запылённость
06	Лаборатория технического обслуживания ЭВМ	25	12	5	0,31	средний	средний	Небольшая запылённость
07	Аналитическая лаборатория	20	10	5	0,48	средний	средний	Небольшая запылённость
08	Оптическое производство; участок подготовки шихты	36	12	5	0,49	большой	средний	Большая запылённость
09	Участок варки стекла	60	24	8	0,5	средний	светлый	Небольшая запылённость
10	Механизированный участок получения заготовок	46	24	8	0,5	средний	светлый	Небольшая запылённость
11	Участок шлифовальных станков	40	18	6	0,4	большой	светлый	Небольшая запылённость, высокая влажность
12	Участок полировальных станков	50	24	6	0,38	средний	светлый	Небольшая запылённость, высокая влажность
13	Механический цех, металлорежущие станки	90	24	6	0,28	средний	светлый	Небольшая запылённость
14	Прецизионные металлообрабатывающие станки	36	18	5	0,3	средний	светлый	Небольшая запылённость
15	Прецизионные металлообрабатывающие станки	54	12	5	0,35	большой	средний	Небольшая запылённость
16	Станки с ЧПУ	60	24	5	0,2	средний	светлый	Небольшая запылённость
17	Автоматические линии	80	36	5	0,34	большой	светлый	Небольшая запылённость
18	Инструментальный цех	60	18	5	0,18	средний	светлый	Небольшая запылённость
19	Инструментальный цех	76	24	6	0,23	большой	средний	Небольшая запылённость
20	Участок сборки	50	18	6	0,25	большой	светлый	Небольшая запылённость
21	Участок сборки	56	24	5	0,28	большой	светлый	Небольшая запылённость
22	Производство печатных плат, гальванический цех: ванны (травление, мойка, металлопокрытие)	65	18	8	0,45	большой	средний	Высокая влажность, небольшая запылённость

23	Автоматические линии металлопокрытий	60	24	8	0,48	средний	средний	Высокая влажность, небольшая запылённость
24	Участок контрольно-измерительных приборов	24	12	5	0,46	средний	светлый	Небольшая запылённость
25	Рабочие места ОТК с визуальным контролем качества изделий	30	12	5	0,2	большой	светлый	Небольшая запылённость
26	Участок сварки	40	12	7	0,4	средний	светлый	Средняя запылённость
27	Участок контроля сварных соединений	66	18	5	0,35	большой	средний	Небольшая запылённость
28	Участок импульсно-дуговой сварки	56	18	8	0,4	средний	светлый	Средняя запылённость
29	Участок автоматизированных установок	90	24	8	0,45	большой	средний	Средняя запылённость
30	Лаборатория для металлографических исследований	36	12	5	0,49	средний	средний	Небольшая запылённость

## 5. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «РАСЧЁТ ОБЩЕГО ОСВЕЩЕНИЯ»

### 1. Исходные данные:

Вариант	Производственное помещение	Габаритные размеры помещения, м:			Наименьший объект различения, мм	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Характеристика помещения по условиям среды
		Длина А (3)	Ширина В (4)					
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
№ -	Вычислительный центр, машинный зал	40	20	4	0,28	средний	светлый	Небольшая запылённость

2. Цель работы: рассчитать количество светильников и ламп в светильниках в заданном помещении, необходимых для создания определенной освещенности на рабочих местах, определить потребляемую мощность осветительной установки.

### 3. Ход работы:

1. Определяем разряд и подразряд зрительной работы, нормы освещенности на рабочем месте по табл. 6.1.:

Характеристика зрительной работы – очень высокой точности

Разряд - 2

Подразряд – 2

Комбинированное освещение – 1000 лк

Общее освещение –  $E_n = 300$  лк

2. Рассчитываем число светильников N по формуле (5.1.):

$$N = S / (L \cdot M),$$

где S – площадь помещения,  $a = 90$  м;  $b = 24$  м.

$$S = a \cdot b = 40 \cdot 20 = 800 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Рассчитаем L – расстояние между центрами светильников:

$$L = 1,75 \cdot H,$$

$$L = 4 \cdot 1,75 = 7 \text{ (м)}.$$

Рассчитаем расстояние между параллельными рядами -  $M$  по формуле (5.2.):

$$M \geq 0,6 \cdot H_p, \text{ где } H_p = H$$

$$M \geq 0,6 \cdot 4 = 2,4 \text{ м. Принимаем } M=3 \text{ м}$$

В данном случае:

$$N = 800 / (7 \cdot 3) = 38,09, \text{ т.е. принимаем } N = 40 \text{ (шт)}.$$

3. Расчётный световой поток определим по формуле (5.3.):

$$\Phi_{\text{л.расч.}} = \frac{E_n \cdot SZK}{N \eta}$$

$$\text{где } Z = 1,1; K = 1,5; E_n = 300$$

Показатель помещения определим по формуле (5.4.):

$$i = \frac{AB}{H_p(A+B)}$$

$$i = (40 \cdot 20) / [4(40 + 20)]$$

$$i = 3,3$$

По таблице 5.2. принимаем коэффициент использования светового потока ламп  $\eta = 0,4$ .

Формула (5.3.) принимает вид:

$$\Phi_{\text{л.расч.}} = (300 \cdot 800 \cdot 1,1 \cdot 1,5) / (40 \cdot 0,4) = 24750 \text{ (лм)}$$

Для создания освещенности в 300 лк необходимо, чтобы световой поток одного светильника был равен 24750 лм. По табл. 5.3. выбираем лампу ЛБ-80 со световым потоком 5220 лм.

Для создания потока в 24750 лм в одном светильнике должны быть 4 лампы ЛБ-80 (5220 лм).

Проверим правильность решения по соотношению (6.5.):

$$\Phi_{\text{л.расч.}} = (0,9 \dots 1,2) \cdot \Phi_{\text{л.табл.}}$$

где  $\Phi_{\text{л.расч.}}$  – расчётный световой поток, лм.;  $\Phi_{\text{л.табл.}}$  – световой поток, определённый по табл. 6.3., лм.

Преобразуем формулу (5.5.):

$$\Phi_{\text{л.расч.}} / \Phi_{\text{л.табл.}} = (0,9 \dots 1,2)$$

В данном случае:

$$\Phi_{\text{л.расч.}} / \Phi_{\text{л.табл.}} = 24750 / (5220 \cdot 4) = 1,18, \text{ что удовлетворяет условию.}$$

4. Потребляемая мощность, Вт, осветительной установки определим по формуле (5.6.):

$$P = p \cdot N \cdot n,$$

где  $p$  – мощность лампы, Вт;  $N$  – число светильников, шт;  $n$  – число ламп в светильнике.,

В данном случае:

$$P = 80 \cdot 40 \cdot 4 = 12800 \text{ Вт}$$

Вывод: для данного помещения вычислительного центра требуется 40 светильников, в каждом по 4 лампы. Тип и мощность лампы: ЛБ-80. Общая потребляемая мощность  $P = 12800 \text{ Вт}$  (12,8 кВт).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности/С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков и др. – 2-е изд., испр. И доп. – М.: Высшая школа, 1999. – 448 с.
2. Гетия И.Г, Леонтьева И.Н., Кулемина Е.Н. Проектирование вентиляции, кондиционирования воздуха, искусственного и естественного освещения в помещении ВЦ. – М.: МГАПИ, 1996.- 32с.
3. СНиП 23-05-95. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение. – М.: Стройиздат, 1996.