

## Лабораторная работа

(продолжительность занятия – 4 часа)

### Требования к производственному освещению.

#### Расчет общего освещения

#### Цель работы

Целью работы является изучение принципов оценки освещённости производственных, административных и учебных помещений, получение практических навыков расчета общего искусственного освещения помещений.

#### Теоретическая часть

Основными показателями, характеризующими свет являются сила света, световой поток, освещённость и яркость. Основная единица светотехники – это **сила света  $I$** . Единица измерения кандела (кд), которая определяется как сила света, испускаемая с поверхности площадью  $1/600000$  кв.м. эталонного излучателя (абсолютно чёрного тела в перпендикулярном направлении при температуре затвердевания пластины 2042 К и давлении 101325 Па (760 мм. рт. ст.)) **Световой поток  $\Phi$**  – мощность лучистой энергии, оцениваемой по световому ощущению, воспринимаемому человеческим глазом. Единицей измерения светового потока является люмен [лм]. Один люмен представляет собой световой поток, испускаемый эталонным источником света в одну канделу, помещённого в вершину телесного пространственного угла в один стерadian (ср).

$$\Phi = I \cdot \omega,$$

где  $\omega$  – телесный (пространственный) угол.

**Телесный (пространственный) угол** – соотношение площади, которую он вырезает на поверхности сферы, описанный из его вершины, к квадрату радиуса этой сферы.

$$\omega = S/r^2 \quad (1)$$

Угол постоянный при любых радиусах. Измеряется в стерadians (ср). Один стерадиан (ср) это угол, который, имея вершину в центре сферы, вырезает на её поверхности участок площадью равный квадрату расстояния

$$S = r^2.$$

**Освещённость**  $E$  – характеризует поверхностную плотность светового потока.  $E = \Phi/S$ , где  $S$  – площадь  $\text{м}^2$ , на которую падает световой поток. Единица измерения люкс (лк). Освещённостью в один люкс обладает поверхность в один кв. м, на которую падает световой поток в один люмен.  $E = \Phi/S$  – средняя освещённость.

Освещённость точки (элемента поверхности):

$$E = I \cdot \cos^3 a / h^2,$$

где  $I$  – сила света, кд;  $H$  – высота подвеса светильника, м;  $a$  – угол между нормалью к элементу поверхности и направлением силы света.

**Яркость** – это характеристика светящейся поверхности. Определяется как отношение силы света светящейся поверхности в рассматриваемом направлении к её проекции на плоскость, перпендикулярную этому направлению.

$$L = I / (S_p \cdot \cos \alpha). \quad (2)$$

Единица измерения яркости – кандела на кв. м. ( $\text{кд}/\text{м}^2$ ) – специального названия не имеет. Чрезмерная яркость называется **блескостью**.

Человек различает окружающие предметы только благодаря тому, что они имеют разную яркость. Уровень ощущения человеческим глазом зависит от плотности светового потока на сетчатке глаза. Поэтому основное значение

для зрения имеет не освещённость какой-либо поверхности, а сила света, отражённая от этой поверхности и падающая на зрачок, т.е. яркость.

## Виды и системы освещения

В зависимости от природы источника световой энергии различают естественное, искусственное и совмещённое освещение.

## ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

**Естественное освещение** – освещение помещений светом неба (прямым или отражённым), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях.

Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное. **Боковое** – естественное освещение помещения через световые проемы в наружных стенах. **Верхнее** – естественное освещение помещения через фонари, световые проёмы в стенах в местах перепада высот в зданиях. **Комбинированное** – сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

Во всех помещениях с постоянным пребыванием в них людей для работ в дневное время следует предусматривать естественное освещение. Это освещение более экономичное по сравнению с искусственным освещением. Особенностью естественного освещения является его непостоянство и широкий диапазон изменения. Поэтому оценивать естественное освещение в абсолютных единицах освещённости – в люксах не представляется возможным.

В качестве нормируемой величины принята относительная величина – коэффициент естественной освещённости  $e_H$  (КЕО), который представляет собой отношение естественной освещённости, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственным или после отражения)  $E_{ВН}$  к одновременному значению наружной горизонтальной освещённости, создаваемой светом полностью открытого небосвода  $E_{нар}$ , выражается в процентах.

$$e_H = \frac{E_{ВН}}{E_{нар}} \cdot 100\% \quad (3)$$

Нормированное значение КЕО,  $e_n$ , для зданий расположенных в различных районах следует определять по формуле:

$$e_n = e_n m_n,$$

где  $e_n$  – значение КЕО (табл. 1),  $m_n$  – коэффициент светового климата. [1]  
Для Татарстана  $m_n = 1$ .

В небольших помещениях при одностороннем боковом естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (0,8 м от пола) на расстоянии 1 м от стены наиболее удалённой от световых проёмов.

## **Совмещённое освещение**

**Совмещённое освещение** – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Совмещённое освещение помещений следует предусматривать:

1. Для производственных помещений, в которых выполняются работы 1–3 разрядов.

2. Для помещений, когда по условиям технологии или климата нельзя обеспечить нормированного значения КЕО.

3. Для помещений жилых, общественных и административно-бытовых зданий, когда это требуется по условиям выбора рациональных объёмно-планировочных решений, за исключением жилых комнат и кухонь жилых домов, помещений для пребывания детей, учебных и учебно-производственных помещений школ и учебных заведений, спальных помещений санаториев и домов отдыха.

Расчёт естественного освещения сводится к определению площади световых проёмов. При боковом освещении помещений

$$S_0 = \frac{S_{\Pi} \cdot e_{\text{H}} \cdot \eta_0 \cdot K}{100 \cdot \tau \cdot r_1}. \quad (4)$$

При верхнем освещении помещений

$$S_{\Phi} = \frac{S_{\Pi} \cdot e_{\text{ср}} \cdot \eta_{\Phi}}{100 \cdot \tau \cdot r_2}, \quad (5)$$

где  $S_0$ ,  $S_{\Phi}$  – площади световых проёмов окон и фонарей,  $\text{м}^2$ ;  $S_{\Pi}$  – площадь пола помещения,  $\text{м}^2$ ;  $e_{\text{H}}$ ,  $e_{\text{ср}}$  – нормированное минимальное и среднее значения КЕО;  $\eta_0$  – световая характеристика окна,  $\eta_0 = 6,5\text{--}66\%$ ;  $K$  – коэффициент, учитывающий затемнение окон противоположными зданиями:  $K = 1,1\text{--}1,7$ ;  $\tau$  – коэффициент светопропускания стекла с учетом загрязнения:  $\tau = 0,25\text{--}0,6$ ;  $r_1$  и  $r_2$  – коэффициенты, учитывающие влияние отражённого света:  $r_1 = 1,05\text{--}10$ ;  $r_2 = 1,05\text{--}1,9$ ;  $\eta_{\Phi}$  – световая характеристика фонаря,  $\eta_{\Phi} = 1,5\text{--}16\%$ .

## ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

### Общее положение

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное. Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное. Искусственное освещение может быть двух систем – общее освещение и комбинированное освещение.

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

**Дежурное освещение** – освещение в нерабочее время.

**Освещение безопасности** – освещение для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения.

**Эвакуационное освещение** – освещение для эвакуации из помещения при аварийном отключении нормального освещения.

**Общее освещение** – освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение).

**Комбинированное освещение** – освещение при котором к общему освещению добавляется местное.

**Местное освещение** – освещение дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах.

## **Нормирование искусственного освещения**

### **помещений производственных складских зданий**

Искусственное освещение должно обеспечивать освещённость на рабочих местах в соответствии с нормами СНиП 23-05-95 табл. 1.

В основу нормирования освещённости положены следующие показатели, характеризующие условия зрительной работы: размер объекта и его коэффициент отражения, фон, контраст объекта с фоном.

Размер объекта – наименьший размер, который необходимо выделить при проведении работы. Например, при чтении текста – толщина линии буквы, при работе с приборами толщина линии градуировки шкалы или толщина стрелки. Коэффициент отражения объекта  $[\rho_0]$  различают по

Таблица 1

## Нормированные значения КЕО и освещенности на рабочих местах

1	2	3	4	5	6	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин ослепленности и коэффициента пульсации		КЕО, $e_{п}$ , %			
						При системе комбинированного освещения		При системе общего освещения			Р	К <sub>п</sub> , %	при верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
						всего	В т.ч. от общего							
7	8	9	10	11	12	13	14	15						
Наивысшей точности	менее 0,15	I	а	малый	темный	5000	500	-	20	10				
						4500	500	-	10	10				
			б	малый	средний	4000	400	1250	20	10				
					средний	темный	3500	400	1000	10				

			в	малый	светлый	2500	300	750	20	10	-	-	6,0	2,0
				средний	средний									
			большой	темный	2000	200	600	10	10					
			г	средний	светлый	1500	200	400	20	10				
большой	-"-													
				-"-	средний	1250	200	300	10	10				

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Очень высокой точности	от 0,15 до 0,30	II	а	малый	темный	4000	400	-	20	10				
						3500	400	-	10	10				
			б	малый	средний	3000	300	750	20	10				
				средний	темный	2500	300	600	10	10				



			в	малый средний большой	светлый средний темный	2000  1500	200  200	500  400	20  10	10  10	-	-	4,2	1,5
			г	средний большой -”-	светлый светлый средний	1000  750	200  200	300  300	20  10	10  10				
Высокой точности	св. 0,5 до 1,0	III	а	малый	темный	750	200	300	40	20	4	1,5	2,4	0,9
			б	малый средний	средний темный	500	200	200	40	20				
			в	малый средний большой	светлый средний темный	400	200	200	40	20				
			г	средний большой -”-	светлый светлый средний	-	-	200	40	20				
Малой точности	с 1 до 5	IV	а	малый	темный	400	200	300	40	20	3	1,0	1,8	0,6
			б	малый средний	средний темный	-	-	200	40	20				

			в	малый средний большой	светлый средний темный	-	-	200	40	20				
			г	средний большой -”-	светлый светлый средний	-	-	200	40	20				

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Грубая (очень малой точности)	Более 5	V		Независимо от характеристик фона и контакта объекта с фоном		-	-	200	40	20	3	1,0	1,8	0,6
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	более 0,5	VI		Независимо от характера фона и контакта объекта с фоном		-	-	200	40	20	3	1,0	1,8	0,6

Общие наблюдения за ходом производственного процесса: постоянное		VII	a	Независимо от характера фона и контакта объекта с фоном	-	-	200	40	20	3	1,0	1,8	0,6
--	--	-----	---	---	---	---	-----	----	----	---	-----	-----	-----

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

Периодическое при постоянном пребывании людей в помещении		VIII	б	Независимо от характера фона и контакта объекта с фоном	-	-	75	-	-	1,0	0,3	0,7	0,2
Периодическое при периодическом пребывании людей в помещении			в	Независимо от характера фона и контакта объекта с фоном	-	-	50	-	-	0,7	0,2	0,5	0,2
Общие наблюдения за инженерными коммуникациями			г	Независимо от характера фона и контакта объекта с фоном	-	-	20	-	-	0,3	0,1	0,2	0,1



<b>очень высокой точности</b>	от 0,15	А	1	не менее 70	500	150	40	10	4,0	1,5
	до 0..30		2	менее 70	400	100	40	10	3,5	1,2
высокой точности	от 0,30	Б	1	не менее 70	300	100	40	15	3,0	1,0
	до 0,50		2	менее 70	200	75	60	20	2,5	0,7
средней точности	более 0,5	В	1	не менее 70	150	50	60	20	2,0	0,5
			2	менее 70	100	не регламентируется				

Продолжение табл. 2

Обзор окружающего пространства при очень кратковременном, эпизодическом различении объектов:	независимо от размера объекта различения			независимо от продолжительности зрительной работы					не регламентируется	
--	--	--	--	---	--	--	--	--	---------------------	--

<p><b>при высокой насыщенности помещений светом</b></p>		Г	-		300	100	60		3,0	1,0
<p>при нормальной насыщенности помещений светом</p>		Д	-		200	75	90		2,5	0,7
<p>при низкой насыщенности помещений светом</p>		Е	-		150	50	90		2,0	0,5

Продолжение табл. 2

Общая ориентировка в пространстве интерьера  при большом скоплении людей	независимо от размера объекта различения	Ж	1	независимо от продолжительности зрительной работы	75	не регламентируется	не регламентируется	не регламентируется	не регламентируется	не регламентируется
при малом скоплении людей	независимо от размера объекта различения	Ж	2	независимо от продолжительности зрительной работы	50	не регламентируется	не регламентируется	не регламентируется	не регламентируется	не регламентируется
Общая ориентировка в зонах передви-	независимо от размера объекта раз-	З		независимо от продолжительности зритель-		не регламентируется	не регламентируется	не регламентируется	не регламентируется	не регламентируется



жения:	личения			ной работы						
при большом скоплении людей			1		30					
при малом скоплении людей			2		20					

Примечания: 1. Освещённость следует принимать с учетом указаний раздела нормирование искусственного освещения п. 2.

2. Наименьшие размеры объекта различения соответствующие им разряды зрительной работы устанавливаются при расположении объекта различия на расстоянии не более 0,5 м от работающего при среднем контрасте объекта различения с фоном и светлым фоном. При уменьшении (увеличении) контраста допускается увеличение (уменьшение) освещённости на 1 ступень по шкале освещённости.

светлости, так же как и фон. Объект может быть тёмным при  $\rho_0 < 0,2$ ; светлым при  $\rho_0 > 0,4$ ; средним при  $0,2 < \rho_0 < 0,4$ .

**Фон** – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на котором он рассматривается.

Фон считается:

- светлым – при коэффициенте отражения поверхности более 0,4;
- средним – то же, от 0,2 до 0,4;
- тёмным – то же, менее 0,2.

**Коэффициент отражения** определяется отношением отражённого светового потока к полному падающему световому потоку

$$\rho = \frac{\Phi_p}{\Phi} . \quad (6)$$

Например:

Белая клеевая краска  $\rho = 0,8$

Желтая краска  $\rho = 0,4$

Оконное стекло  $\rho = 0,08$

Матированное стекло  $\rho = 0,10$

Молочное стекло  $\rho = 0,45$

Чёрное сукно  $\rho = 0,02$ .

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

$$K = \frac{L_0 - L_\Phi}{L_\Phi} , \quad (7)$$

где  $L_0$  – яркость объекта,  $L_\Phi$  – яркость фона.

Контраст объекта различения с фоном считается:

- большим – при  $K$  более 0,5 (объект с фоном резко отличается по яркости),
- средним – при  $K$  от 0,2 до 0,5 (объект с фоном заметно отличается по яркости),
- малым – при  $K$  менее 0,2 (объект и фон мало отличается по яркости).

При определении нормируемой освещённости для заданной зрительной работы необходимо знать: разряд работы, который зависит от размера объекта различения; подразряд работы, который зависит от контраста объекта с фоном; характеристики фона.

Предусматривается число разрядов 8, первые пять имеют подразряды работ. Нормированные значения освещённости в люксах, отличающиеся на одну ступень следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

Нормы освещённости, приведённые в табл. 1 следует повышать на одну ступень шкалы освещённости в следующих случаях:

1. При работах 1–4 разрядов, если зрительная работа выполняется более половины рабочего дня;
2. При повышенной опасности травматизма (работа на дисковых пилах, гильотинных ножницах и т.п.) если освещённость от общего освещения составляет 150 лк и менее;
3. На предприятиях пищевой и химико-фармацевтической промышленности, если освещённость от общего освещения – 500 лк и менее;
4. При работе или производственном обучении подростков, если освещённость от общего освещения – 300 лк и менее;
5. При отсутствии в помещении естественного света и постоянном пребывании работающих, если освещённость от общего освещения – 750 лк и менее;
6. При наблюдении деталей, вращающихся со скоростью, равной или более 500 об/мин или объектов, движущихся со скоростью, равной или более 1,5 м/мин;
7. В помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

При наличии одновременно нескольких признаков нормы освещённости следует повышать не более, чем на одну ступень.

В помещениях, где выполняются работы 4–6 разрядов, нормы освещённости следует снижать на одну ступень при кратковременном пребывании людей или при наличии оборудования, не требующего постоянного обслуживания.

Освещённость рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного освещения, должна составлять не менее 10 % нормируемой для комбинированного освещения. При этом освещённость должна быть не менее 200 лк.

## **Нормирование искусственного освещения помещений общественных, жилых и вспомогательных зданий**

Нормы освещённости, приводимые в табл. 2 следует повышать на одну ступень шкалы освещённости в следующих случаях:

1. При работах А–В разрядов при специальных повышенных санитарных требованиях (например, в некоторых помещениях общественного питания и торговли).

2. При отсутствии в помещении с постоянным пребыванием людей естественного света.

3. При повышенных требованиях к насыщенности помещения светом для зрительных работ разрядов Г–Е (зрительные и концертные залы, фойе уникальных зданий).

4. При применении системы комбинированного освещения административных зданий (кабинеты, рабочие комнаты, читальные залы библиотеки).

5. В помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

Нормы освещённости, приведённые в табл. 2, следует снижать по шкале освещённости в следующих случаях:

а) на одну ступень для разрядов Г–Е при использовании люминесцентных ламп улучшенной цветопередачи (ЛЕЦ, ЛТБЦЦ, ЛТБЦТ, КЛТБЦ).

б) на две ступени для всех разрядов при использовании ламп накаливания, в т.ч. галогенных.

### **Аварийное (эвакуационное и освещение безопасности), охранное и дежурное освещения**

Освещение безопасности следует предусматривать в случаях если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушением обслуживания оборудования и механизмов может вызвать:

а) взрыв, пожар, отравление людей;

б) длительное нарушение технологического процесса;

в) нарушение работы объектов: электрические станции, радио, телевидение, связь, насосные установки водоснабжения, канализации и теплофикации, вентиляция;

г) нарушение режима детских учреждений независимо от числа находящихся в них людей.

Эвакуационное освещение в помещениях или в местах производства работ вне зданий следует предусматривать:

а) в местах, опасных для прохода людей;

б) в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуирующихся более 50 человек;

в) по основным проходам производственных помещений, в которых работают более 50 человек;

г) в лестничных клетках жилых зданий высотой 6 этажей и более;

д) в помещениях общественных зданий, если в помещениях могут одновременно находиться более 100 человек.

Освещение безопасности должно создавать на рабочих местах освещённость в размере 5 % освещённости общего освещения, но не менее 2 лк внутри здания и 1 лк на территории.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать освещённость на полу и на ступенях лестниц: в помещениях – 0,5 лк, на открытых территориях – 0,2 лк.

Для аварийного освещения следует применять:

а) лампы накаливания

б) люминесцентные лампы.

Охранное освещение должно создавать освещённость не менее 0,5 лк.

### **Источники света и светильники**

Для искусственного освещения помещений используются в основном газоразрядные лампы. Лампы накаливания возможно использовать лишь в жилых и административных зданиях, а также для аварийного освещения. [1] Преимущество газоразрядных ламп: большая световая отдача  $\psi = 35\text{--}100$  лм/Вт, экономичность, большой срок службы  $(5\text{--}15)\cdot 10^3$  час, благоприятный состав спектра.

**Газоразрядные (люминесцентные) лампы низкого давления** – это трубки или колбы с расположенными внутри электродами, наполненные инертным газом и парами ртути. При пропускании электрического разряда через газ возникает ультрафиолетовое излучение, падающее на слой люминофора, которым покрыта внутренняя поверхность лампы. Люминофор преобразует ультрафиолетовое излучение в видимый свет. Подбирая состав люминофора, можно добиться излучения светового потока нужной цветности  $\psi = 35$  лм/Вт.

Условные обозначения люминесцентных трубчатых ламп: Л – люминесцентная, Б – белого света, Д – дневного света, Е – естественного света, Ц – с улучшенной цветопередачей, Т – с трехкомпонентной смесью люминофоров, имеющий узкий спектр излучения. Мощности ламп экономической серии: 18, 36, 58, 65 Вт.

**Лампы высокого давления** позволяют создавать значительные уровни освещённости при сравнительно небольших затратах электроэнергии. Их применяют для высоких помещений и наружного освещения. Наиболее часто используют лампы типа ДРЛ (дуговые, ртутные, люминесцентные) или их разновидность – ДРВЛ (дуговые ртутно-вольфрамовые люминесцентные). Когда искажение восприятия цветов недопустимо, применяют лампы типа ДРИ (дуговые ртутные с иодидами металлов).

Рекомендуемые источники света:

- а) очень высокие требования к цветоразличению ЛДЦ, ЛДЦУФ;
- б) высокие требования к цветоразличению ЛБЦТ, ЛДЦ, ЛДЦУФ;
- в) невысокие требования к цветоразличению или их отсутствие ЛБ, МГЛ, ДРЛ.

Устройство, состоящее из источника света и осветительной арматуры, называют **светильником**. Осветительная арматура предназначена для

перераспределения светового потока в нужном направлении, защиты глаз человека от слепящего действия лампы, защита источника света от загрязнения и механических повреждений.

Степень защиты от слепящего действия светильника характеризует защитный угол  $\alpha$  между горизонталью и линией, соединяющей нить канала с противоположным краем отражателя. Как правило,  $\alpha \geq 25^\circ$  (рис. 1).

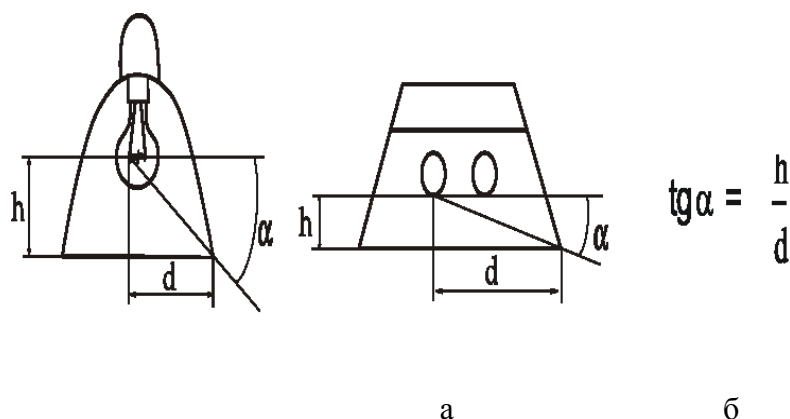


Рис. 1. Защитный угол светильников:

а) для ламп накаливания; б) для люминесцентных ламп

В зависимости от распределения светового потока в пространстве различают светильники прямого, рассеянного и отражённого света.

Светильники прямого света излучают в нижнюю полусферу не менее 90 % всего светового потока. Их используют в помещениях с тёмными потолками и стенами, в которых выделяется много пыли.

Светильники преимущественно прямого света излучают в нижнюю полусферу 60–80 % всего светового потока. Их устанавливают в помещениях хорошо отражающих световой поток.

Светильники рассеянного света излучают в каждую полусферу 40–60 % всего светового потока. Их применяют в административных и бытовых помещениях со светлыми стенами и потолками.

Светильники преимущественно отражённого света, излучают в верхнюю полусферу 60–90 % всего светового потока.

Светильники с люминесцентными лампами чаще всего выполняют многоламповыми и рассеянного света.

Тип светильника определяется восемью группами знаков, состоящих из букв и цифр.

1-2-3-4-5-6-7-8

1. Буква, означающая тип лампы

Н – накаливания

Л – люминесцентная

Р – ДРЛ

Г – ДРИ

2. Буква, означающая способ установки

С – подвесные

П – потолочные

В – встроенные

Б – настенные

К – консольные

Т – напольные

3. Буква, означающая назначение

П – производственные здания

О – общественные здания

Б – жилые помещения

У – наружного освещения

Р – рудники, шахты

4. Двухзначное число – номер серии

5. Цифры, означающие количество ламп (2 и более)

6. Цифры, означающие мощность ламп в Вт

7. Трёхзначное число – номер модификации

8. Буква и цифра – климатическое исполнение и категория размещения

У – умеренный климат

ХЛ – холодный климат



УХЛ – умеренно-холодный климат

T – тропический климат

1 – на открытом воздухе

2 – под навесом

3 – закрытое неотапливаемое помещение

4 – закрытое отапливаемое помещение

5 – помещение с повышенной влажностью.

Например, светильник ЛСП02-2х36-001-У4. Это светильник для люминесцентных ламп, подвесной, промышленных предприятий, серии 02, две лампы по 36 Вт, исполнен одной модификации, для умеренного климата, для закрытых отапливаемых помещений.

### **Расчёт искусственного освещения.**

#### **Общие принципы расчёта**

Расчёт ведётся в определенной последовательности. Прежде всего, выбирают источник света, систему освещения, нормируемую освещённость. Затем, отдав предпочтение конкретному типу светильников и способу освещения, размещают их в помещении (зная высоту подвеса светильников и расстояние между ними) и рассчитывают световой поток на рабочих местах. После этого уточняют размещение и число светильников, определяют единичную мощность ламп.

Расположение светильников в помещении при системе общего освещения зависит от высоты их подвеса над освещаемой поверхностью. Соблюдая оптимальное отношение расстояния между светильниками  $l$  к высоте их подвеса  $h_{\text{п}}$ , достигают необходимой равномерности освещения рабочих мест. Значение  $l/h_{\text{п}}$  для светильников некоторых типов: ЛВО, ЛПО – 1,4; РСЦ, ГСП – 1,5.

Необходимо выбрать расстояние  $l_c$  между светильниками и стеной.

$l_c = (0,25-0,3) \cdot l$ , если рабочие места расположены у стен. Если же вдоль стен расположены проходы, то  $l_c = (0,4-0,5) \cdot l$ .

Светильники с люминесцентными лампами в помещении обычно располагаются рядами. Расстояние между рядами принимают равными  $(1,2-1,5) \cdot h_{\text{п}}$  в зависимости от типа светильника. Определение  $h_{\text{п}}$  показано на рис. 2.

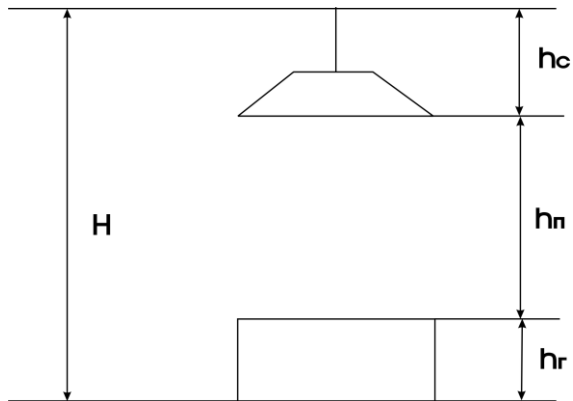


Рис. 2. Определение высоты подвеса светильника

$H$  – высота помещения;  $h_c$  – высота свеса светильника;  $h_r$  – высота рабочего места (обычно принимают 0,8 м);  $h_{\text{п}}$  – высота подвеса светильника;  $h_{\text{п}} = H - (h_c + h_r)$ .

### Расчёт методом светового потока

Этот метод позволяет определить световой поток лампы при заданной освещённости рабочей поверхности, общем освещении с равномерным расположением светильников, с учётом отражённого стенами и потолком света.

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{min}} \cdot S_{\text{п}} \cdot K \cdot Z}{N_{\text{с}} \cdot n_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{с}}}, \quad (8)$$

где  $\Phi_{\text{л}}$  – световой поток лампы, лм;  $E_{\text{min}}$  – нормируемая освещённость, лк;  $S_{\text{п}}$  – площадь пола освещаемого помещения;  $K$  – коэффициент запаса, зависящий от типа применяемых ламп и количества в помещении пыли  $K = 1,4-1,7$  (табл. 3);  $Z$  – коэффициент минимальной освещённости, равный

отношению  $E_{cp}/E_{min}$  (его значения для ламп накаливания и ДРЛ, ДРН,  $Z = 1,15$ ; для люминесцентных  $Z = 1,1$ ;  $N_c$  – количество светильников в помещении;  $n_{л}$  – количество ламп в светильнике;  $\eta_c$  – коэффициент использования светового потока (табл. 4), зависит от индекса помещения (табл. 5), высоты подвеса светильников и коэффициентов отражения стен и потолка.

Индекс помещения  $i$  определяется по формуле:

$$i = \frac{a \cdot b}{h_{п} \cdot (a + b)}, \quad (9)$$

$a$  и  $b$  – длина и ширина помещения, м;  $h_{п}$  – высота подвеса светильника.

Таблица 3

Значение коэффициента запаса для искусственного освещения

Помещение	Примеры помещений	Коэффициент запаса $K$
1. Производственные помещения:		
а) свыше $5 \text{ мг/м}^3$ пыли, дыма	литейные, цементные заводы;	1,7
б) от 1 до $5 \text{ мг/м}^3$ пыли, дыма	кузнечные цеха;	1,6
в) до $1 \text{ мг/м}^3$ пыли, дыма	инструментальные, сборочные, механические, пошивочные;	1,4
г) пары кислот и щелочей	химические цеха	1,6

2. Помещения общественных и жилых зданий:		
а) пыльные, жаркие, сырые	цехи общественного питания;	1,6
б) нормальные условия среды	учебные помещения, лаборатории, читальные залы, жилые комнаты, помещения.	1,4

Примечания: Коэффициенты запаса приведены для разрядных ламп и источников света. При использовании ламп накаливания их следует умножать на 0,85.

Таблица 4

### Коэффициент использования светового потока

Светильник	РСП			ЛВО (ARS/R, PRB/R)			
	ГСП			ЛПО (ARS/S, PRB/S)			
1	2	3	4	5	6	7	8
$\rho_{\text{П}} \%$ ;	30	50	70	30	50	70	70
$\rho_{\text{С}} \%$	10	30	50	10	30	50	70
$i$	Коэффициент использования						
0,5	21	24	28	23	26	31	46
0,6	25	28	34	30	33	37	50
0,7	29	39	38	35	38	42	54
0,8	33	36	42	39	41	45	58

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8
0,9	38	40	44	42	44	48	60

1	40	42	47	44	46	49	62
1,5	46	51	57	50	52	56	70
2	54	58	62	55	57	60	73
3	61	64	67	60	62	66	79
4	64	67	70	63	65	68	82
5	66	69	72	64	66	70	85

Таблица 5

### Значения коэффициентов отражения потолка и стен

Состояние потолка	$\rho_{\Pi}$ %	Состояние стен	$\rho_{\text{с}}$ %
Свежепобеленный	70	Свежепобеленные с окнами закрытыми белыми шторами	70
Побеленный в сырых помещениях	50	Свежепобеленный с окнами без штор	50
Чистый бетонный	50	Бетонные с окнами	30
Бетонный грязный	30	Грязные	10
Грязный (кузница)	10	Кирпичные	10

По найденному значению  $\Phi_{\text{л}}$  выбирают мощность стандартной лампы  $\Phi_{\text{ст}} \geq \Phi_{\text{л}}$  (табл. 6) и рассчитывается относительная погрешность:

$$\delta = \frac{\Phi_{\text{ст}} - \Phi_{\text{л}}}{\Phi_{\text{ст}}} \cdot 100 \% \leq 10 \% .$$

По данной методике можно рассчитать также количество светильников при заданной освещенности и выбранных типовых светильниках:

$$N_{\text{с}} = \frac{E_{\text{min}} \cdot S \cdot K \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}} \cdot \eta_{\text{с}}} .$$

Таблица 6

## Электрические и световые характеристики ламп типа ЛБ, ДРЛ, ДРИ

Лампы ДРЛ		Лампа ДРИ		Лампа ЛБ	
Мощность, Вт	Световой поток, лм	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Мощность, Вт	Световой поток, лм
125	6300	125	8300	18	1060
250	13500	175	12000	30	2020
400	24000	250	19000	36	2800
700	41000	400	35000	40	3000
1000	59000	700	60000	58	4700
2000	120000	1000	90000	65	4800
-	-	2000	200000	80	5200
-	-	3500	250000	-	-

**Расчёт точечным методом**

Применяется для расчёта локализованного освещения, а также местного освещения.

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{1000 E_{\text{min}} \cdot K}{\mu \sum e}, \quad (10)$$

где  $E_{\text{min}}$  – нормированная освещённость, лк;  $\Phi_{\text{л}}$  – световой поток лампы, лм;  $e$  – условная освещённость, определяется по пространственным изолюксам;  $\mu$

– коэффициент, учитывающий дополнительную освещённость от удалённых светильников, равен 1,1–1,2;  $K$  – коэффициент запаса.

### Пример расчета общего освещения помещения методом коэффициента использования светового потока

Помещение  $a = 12$  м,  $b = 6$  м,  $H = 3$  м.

Коэффициенты отражения  $\rho_c = 50$  %,  $\rho_{\text{п}} = 70$  %.

Светильник ЛВО (4 лампы ЛБ).

Нормы освещенности  $E_{\text{min}} = 300$  лк на уровне  $h_p = 0,8$  м (табл. 2).

Коэффициент запаса  $K = 1,4$  (табл. 3).

Коэффициент неравномерности  $Z = 1,1$  (для люминесцентных ламп).

Расчет:

1. Высота подвеса светильника:

$$h_{\text{п}} = H - (h_c + h_p) = 3 - 0,8 = 2,2 \text{ м} \quad (h_c = 0).$$

2. Индекс помещения:

$$i = \frac{a \cdot b}{h_{\text{п}} \cdot (a + b)} = \frac{6 \cdot 12}{2,2 \cdot (12 + 6)} = 1,8.$$

3. Коэффициент использования светового потока  $h_c = 0,58$  (табл. 4).

4. Количество светильников.

4.1. Расстояние между светильниками:

$$l = h_{\text{п}} \cdot 1,4 = 2,2 \cdot 1,4 = 3 \text{ м}.$$

Полученное расчетным путем  $l$  является максимальным расстоянием между центрами светильников, а  $l_{\text{min}}$  составляет 1,2 м (т.к. метод светового потока применяется в случаях, когда расстояние между центрами светильников в ряду составляет  $\geq 1,2$  м).

4.2. Расстояние между светильниками и стеной. В нашем случае вдоль стен расположены проходы:

$$l_c = (0,4 - 0,5) \cdot l = 0,4 \cdot 3 = 1,2 \text{ м}.$$

4.3. Расстояние между рядами (т.к. люминесцентные светильники обычно располагают рядами):

$$l_p = (1,2 \div 1,5) \cdot h_{\text{п}} = 1,2 \cdot 2,2 = 2,6 \text{ м.}$$

4.4. Количество рядов:

$$m = \left[ \frac{(b - 2 \cdot l_c)}{l_p} \right] + 1 = \left[ \frac{6 - 2 \cdot 1,2}{2,6} \right] + 1 = 2,4 \approx 3 \text{ ряда.}$$

4.5. Количество светильников в ряду:

$$n = \left[ \frac{(a - 2 \cdot l_c)}{l} \right] + 1 = \left[ \frac{12 - 2 \cdot 1,2}{3} \right] + 1 = 4,2 \approx 5 \text{ светильников.}$$

4.6. Количество светильников:

$$N_c = m \cdot n = 3 \cdot 5 = 15.$$

5. Световой поток лампы:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{min}} \cdot S \cdot K \cdot Z}{N_c \cdot n_{\text{л}} \cdot \eta_c} = \frac{300 \cdot 72 \cdot 1,4 \cdot 1,1}{15 \cdot 4 \cdot 0,58} = 955,9 \text{ лм.}$$

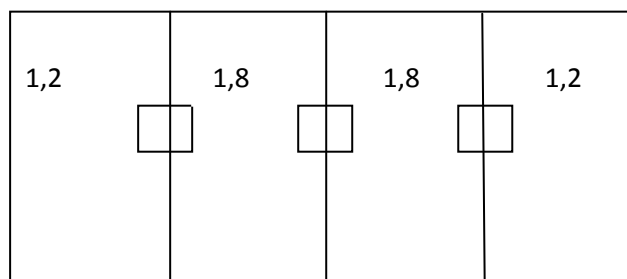
6. Выбираем лампу ЛБ мощностью 18 Вт,  $\Phi_{\text{ст}} = 1060 \text{ лм} > \Phi_{\text{л}} = 955,9 \text{ лм.}$

7. Относительная погрешность:

$$\delta = \frac{\Phi_{\text{ст}} - \Phi_{\text{л}}}{\Phi_{\text{ст}}} = \frac{1060 - 955,9}{1060} \cdot 100 \approx 8 \%.$$

Таким образом, для обеспечения равномерного освещения помещения необходимо установить 15 светильников (3 ряда по 5 штук).

Поскольку светильники встроены в подвесной потолок, то необходимо учесть размеры элементов подвесного потолка (600\*600 мм). Поэтому расстояние должно быть кратным 0,6 м, т.е.  $l_p = 1,8 \text{ м}$ ,  $l_c = 1,2 \text{ м}$ ,  $l = 2,4 \text{ м}$ .





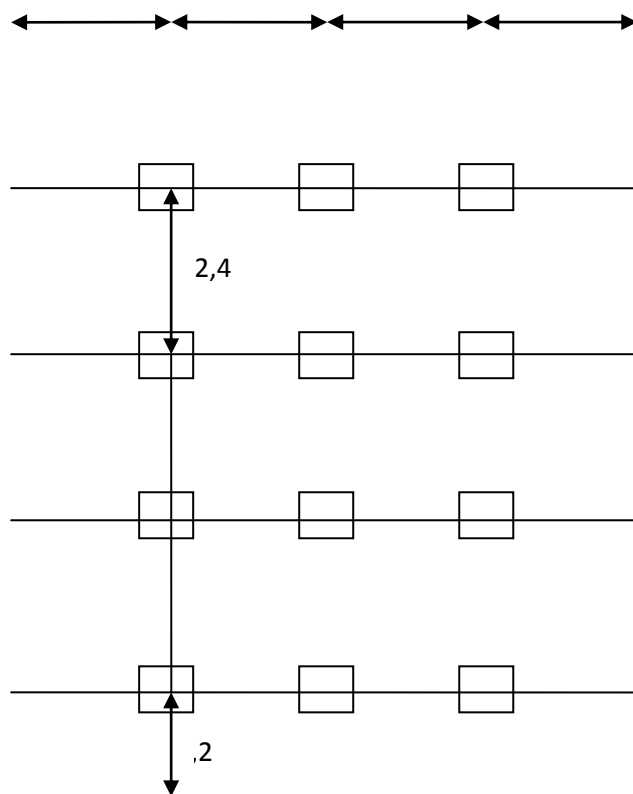


Рис. 3. Схема размещения светильников (согласно расчету)

### **Порядок выполнения практической работы**

1. Ознакомиться с основными понятиями и величинами светотехники.
2. Изучить виды и системы освещения, источники света и светильники.
3. Освоить принцип нормирования искусственного освещения.
4. Выполнить вариант предложенного преподавателем задания (табл. 7).

### **Требования к содержанию и оформлению отчета**

Отчет должен содержать:

1. Письменные ответы на контрольные вопросы.
2. Расчет общего освещения помещения.
3. Схему размещения светильников (согласно расчету).

### **Контрольные вопросы**

1. Какие величины относятся к основным показателям, характеризующим свет?

2. Основная единица светотехники, определение, эталон, единицы измерения.

3. Дать определение светового потока, яркости, освещённости, указать единицы измерения.

4. Что такое телесный (пространственный) угол, в каких единицах измеряется?

5. Назовите виды и системы освещения.

6. Что такое коэффициент естественной освещённости КЕО, в какой точке помещения нормируется минимальное значение КЕО?

7. Виды искусственного освещения.

8. Какой принцип нормирования искусственного освещения, от каких параметров зависит нормируемая освещённость?

9. Какие вы знаете источники света?

10. Что такое светильник. Типы применяемых светильников?

11. В каких случаях нормируемая освещённость повышается на одну ступень, понижается на 1 ступень?

12. Каким методом рассчитывается равномерное общее освещение помещения?

13. Что такое индекс помещения?

Таблица 7

## Варианты задания для расчета освещения

Номер варианта	Наименование помещения	Высота помещения, м	Площадь помещения		Разряд и подразряд зрительной работы	Тип светильника и лампы	Состояние потолка, $\rho_{\text{п}}$ , %	Состояние стен, $\rho_{\text{с}}$ , %
			Длина $a$ , м	Ширина $b$ , м				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Учебная аудитория	3,5	18	6	Б, 1	ЛПО, 4 ЛБ, $h_{\text{с}} = 0$	70	50
2	Учебная лаборатория	3,5	12	6	А, 2	ЛПО, 4 ЛБ, $h_{\text{с}} = 0$	70	50
3	Читальный зал	3,2	12	12	Б, 2	ЛВО, 2 ЛБ, $h_{\text{с}} = 0$	70	70
4	Обеденный зал столовой	4	18	18	Г	ЛПО, 2 ЛБ, $h_{\text{с}} = 0$	70	70
5	Актный зал	3,8	24	18	Е	ЛПО, 4 ЛБ, $h_{\text{с}} = 0$	70	50
6	Конструкторский отдел	4,5	24	24	Б, 1	ЛВО, 4 ЛБ, $h_{\text{с}} = 0$	70	50
7	Спортивный зал	12	48	24	Д	РСЦ, ДРЛ, $h_{\text{с}} = 0$	70	50
8	Механический цех	6	96	36	II, в	ГСП, ДРИ, $h_{\text{с}} = 0,5$	30	10
9	Сборочный цех (электроприборы)	7	72	24	II, а	РСЦ, ДРЛ, $h_{\text{с}} = 0,5$	50	30

0	1 Сборочный цех (ручные часы)	6,5	60	36	I, а	РСП, ДРЛ, $h_c = 0,5$	70	50
11	Сборочный цех (электро-двигатели мощностью от 7 до 20 кВт)	7,5	84	24	II, а	ГСП, ДРИ, $h_c = 0,5$	50	30
12	Литейный цех чёрных металлов	15	108	36	III, а	РСП, ДРЛ, $h_c = 0,5$	30	10
13	Насосная станция	10	36	36	III, в	ГСП, ДРИ, $h_c = 0,5$	50	30

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	Деревообрабатывающий цех	5,5	60	36	II, а	ГСП, ДРИ, $h_c = 0,5$	50	30
15	Цех сборки мебели. Столы, книжные шкафы	3,2	36	18	II, б	РСП, ДРЛ, $h_c = 0,5$	70	50
16	Цех сборки щитов освещения	3,7	42	24	II, г	РСП, ДРЛ, $h_c = 0,5$	70	50
17	Конференц зал	4,0	60	24	Г	ЛВО, 4 ЛБ, $h_c = 0$	70	50
18	Помещение художников рекламы	3,65	36	24	Б, 1	ЛПО, 4 ЛБ, $h_c = 0$	70	70
19	Обеденный зал ресторана	4	48	48	Д	ЛПО, 4 ЛБ, $h_c = 0$	70	70

20	Кузнечный цех. Заготовка болтов диаметром $d = 20$ мм и длиной $l = 200$ мм	4,3	60	48	V	ГСП, ДРИ, $h_c = 0,5$	30	10
----	---	-----	----	----	---	-----------------------	----	----

14. Каким методом рассчитывается локальное общее освещение помещения?

### Литература

1. Строительные нормы и правила Российской Федерации «Естественное и искусственное освещение» СНиП 23-05-95\* (с изменением № 1, утвержденным постановлением Госстроя России от 29 мая 2003 г. № 44).

2. Номенклатурный каталог изделий 2013 (ОАО «Ардатовский светотехнический завод»), 2013.

3. Фролов А.В., Бакаева Т.Н. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: учеб. пособие для вузов. – Ростов н/Д.: Феникс, 2005.

4. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Е.А. Подгорных и др. М.: Высшая шк., 2009.

5. Безопасность жизнедеятельности / С.В. Белов, А.Ф. Ильницкая, А.Ф. Козяюков и др. М.: Высш. шк., 2009.