

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра производственной и экологической безопасности

А.Ю. Борбот, Е.Н. Зацепин, А.И. Навоша

**ОЦЕНКА ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ  
В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ**

Методическое пособие  
к практическим занятиям  
по дисциплине «Охрана труда и основы экологии»  
для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

Минск 2002

УДК 658.382 (075.8)  
ББК 65.247 я 73  
Б 82

**Борбот А.Ю.**

Б 82 Оценка искусственного освещения в производственных помещениях: Метод. пособие для практических занятий по дисциплине «Охрана труда и основы экологии» для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР / А.Ю. Борбот, Е.Н. Зацепин, А.И. Навоша. Мн.: БГУИР, 2002. — 16 с.

ISBN 985-444-435-x.

Методическое пособие содержит инженерную методику оценки освещенности промышленных предприятий. Приведены примеры решения задач с использованием изложенной методики и варианты задач для самостоятельной работы. В приложениях даны все необходимые справочные материалы.

УДК 658.382 (075.8)  
ББК 65.247 я 73

ISBN 985-444-435-x

© А.Ю. Борбот, Е.Н. Зацепин,  
А.И. Навоша, 2002  
© БГУИР, 2002

## **I. Краткие сведения об освещенности производственных помещений**

Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. От него зависят сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы, безопасность трудовой деятельности. Недостаточная освещенность рабочей зоны или повышенная яркость затрудняют восприятие зрительной информации, создают предпосылки к травмированию. Рациональное освещение является одним из важнейших факторов создания благоприятных условий труда, способствующих повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции.

В зависимости от источника света производственное освещение может быть трех видов: естественное — создается прямыми солнечными лучами (прямое) и диффузным светом небесного излучения (отраженное), искусственное — создается электрическими лампами, светильниками, установленными в помещении, и смешанное — представляет собой сочетание естественного и искусственного освещения.

В спектре естественного света по сравнению с искусственным гораздо больше необходимых для человека ультрафиолетовых лучей. Для естественного освещения характерна высокая диффузность (рассеянность) света, создающая благоприятные зрительные условия работы. Естественное освещение обеспечивает зрительный контакт с внешней средой. Изменения естественного освещения устраняют монотонность световой обстановки в помещениях, вызывающую преждевременное утомление. Учитывая высокую биологическую и гигиеническую ценность естественного освещения, следует стремиться к максимально возможному его использованию. В то же время естественное освещение характеризуется непостоянством во времени и подвержено колебаниям в зависимости от состояния внешней освещенности, расстояния от рабочего места до световых проемов, их светопропускания и других факторов.

По конструктивному исполнению естественное освещение подразделяется на боковое (через окна в наружных стенах), верхнее (через световые фонари, остекленные проемы в потолочных перекрытиях, через световые проемы в мес-

тах перепада высот смежных пролетов зданий) и комбинированное — сочетание бокового и верхнего освещения.

Искусственное освещение по конструктивному исполнению может быть двух систем: общее — когда светильники размещаются в верхней зоне помещения, и комбинированное — когда к общему добавляется местное освещение, направляющее излучаемый световой поток непосредственно на рабочую поверхность. Использование одного местного освещения не допускается. В свою очередь общее освещение подразделяется на равномерное — для равного распределения светового потока по всей площади помещения, и локализованное — для распределения светового потока с учетом расположения рабочих мест.

Поскольку естественное освещение подвержено изменениям, для его оценки используется не абсолютная, а относительная величина — коэффициент естественной освещенности ( $k_{e.o}$ ), который представляет собой выраженное в процентах отношение освещенности в данной точке внутри помещения  $E_v$  к одновременно измеренному значению наружной горизонтальной освещенности  $E_n$ , создаваемой светом полностью открытого небосвода. Коэффициент естественной освещенности оценивает размеры световых проемов, вид остекления и переплетов, их загрязнение, т.е. способность системы естественного освещения пропускать свет. Он определяется из соотношения

$$k_{e.o} = E_v / E_n, \quad (1)$$

где  $E_v$  — освещенность в любой точке внутри помещения, освещаемой видимым участком неба, лк;

$E_n$  — освещенность наружной горизонтальной плоскости, лк.

При оценке естественного освещения измеряется освещенность не всех, а контрольных точек внутри помещения. Естественное освещение регламентируется санитарными нормами СНБ 2.04.05-98, которые устанавливают значение  $k_{e.o}$  в зависимости от характера выполняемых работ (величины объекта различения) и системы естественного освещения. Для каждого производственного помещения строится кривая изменения  $k_{e.o}$ , которая характеризует его светотехнические качества.

Искусственное освещение обеспечивается светильниками, установленными в помещении. Светильник состоит из лампы и арматуры. Для организа-

ции искусственного освещения используются лампы накаливания и люминесцентные лампы. Лампы накаливания рекомендуется применять в помещениях высотой более 6 метров, в цехах с тяжелыми условиями труда, в помещениях, где производится грубая зрительная работа, для освещения помещений с временным пребыванием людей (склады). Газоразрядные лампы применяются для общего освещения помещений при выполнении работ большой точности, в помещениях с недостаточным или отсутствующим естественным освещением, общественных и административных зданиях, учебных заведениях. Люминесцентные лампы обеспечивают спектральный состав, близкий к дневному свету, рассеянный характер распределения света, малую яркость, что создает благоприятные условия работы.

Гигиеническая оценка искусственного освещения состоит в измерении фактической освещенности на рабочей поверхности и сравнении ее с нормативными показателями. Оценка проектируемого освещения производится посредством сравнения расчетных показателей с санитарно-гигиеническими нормами.

Нормирование искусственного освещения осуществляется в соответствии с требованиями СНБ 2.04.05-98. Нормы искусственной освещенности устанавливают наименьшую освещенность ( $E_{\min}$ ) в зависимости от характеристики зрительной работы по степени точности, контраста объекта с фоном, характеристики фона, системы освещения и выбора источника света.

При проектировании искусственного освещения исходными данными являются гигиенические нормы освещенности, габаритные размеры помещения, коэффициенты отражения рабочих поверхностей, стен и потолка.

Проектирование системы искусственного освещения включает решение следующих задач: выбор типа светильников, размещение светильников в плане помещения и определение их количества, расчет светового потока ламп светильников, выбор стандартной лампы.

Расчет искусственного освещения заключается в определении числа и мощности источников света, обеспечивающих нормированную (с учетом коэффициентов запаса) освещенность.

Выполнение расчета искусственного освещения можно проводить с помощью метода светового потока (метода коэффициента использования).

Метод светового потока предназначен для определения средней освещенности. При расчете этим методом минимальная освещенность оценивается лишь приблизительно, без выявления точек, в которых она имеет место. Метод коэффициента целесообразен во всех случаях, когда расчет ведется по средней освещенности.

Суть метода состоит в нахождении светового потока лампы, по которому она выбирается из числа стандартных.

Световой поток лампы светильника определяется по формуле

$$\Phi = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot K \cdot Z}{n \cdot \eta}, \quad (2)$$

где  $E_{\min}$  — нормативная освещенность, лк. Значения нормативной освещенности устанавливаются санитарными нормами (прил. 1);

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

$K$  — коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения источников света (ламп и светильников), а также снижения отражающих свойств поверхностей помещения (прил. 2);

$Z$  — коэффициент, характеризующий неравномерность освещения. Он зависит от отношения расстояния между светильниками ( $L$ ) к высоте их подвеса ( $h_p$ ), с увеличением этого отношения ( $L / h_p$ ) значение  $Z$  возрастает. При проведении расчетов рекомендуется принимать значение  $Z$  равным 1,1 для люминесцентных ламп и 1,15 для ламп накаливания;

$n$  — количество светильников (или ламп, в зависимости от того, рассчитывается световой поток светильника или лампы);

$\eta$  — коэффициент использования светового потока, равный отношению светового потока, падающего на рабочую поверхность, к суммарному потоку всех ламп.

Расчет искусственного освещения проводится в следующей последовательности:

1. Определяется расчетная высота подвеса светильника  $h_p$  по формуле

$$h_p = H - (h_c + h_n), \text{ м}, \quad (3)$$

где  $H$  — высота помещения;

$h_c$  — расстояние от светильника до потолка;

$h_n$  — высота рабочей поверхности.

2. Определяется расстояние между светильниками  $L$  (м):

$$L = \lambda \cdot h_p, \text{ м}, \quad (4)$$

где  $\lambda$  — оптимальное отношение расстояния между светильниками  $L$  к высоте их подвеса  $h_p$ . Значения  $\lambda$  представлены в прил. 3.

3. Светильники располагаются в плане помещения. Предварительно необходимо определить расстояние от крайнего светильника (ряда светильников) до стен помещения ( $L_c$ ), используя следующие формулы:

$$L_c = (0,25 \dots 0,30) \cdot L, \text{ м} \text{ — если рабочие места расположены у стен}; \quad (5)$$

$$L_c = (0,40 \dots 0,50) \cdot L, \text{ м} \text{ — если у стен расположены проходы.}$$

На основе полученных данных светильники располагаются на плане помещения, уточняется их количество и взаимное расположение.

4. Определяется коэффициент использования светового потока, который зависит от показателя помещения  $i$ , типа светильников, коэффициентов отражения стен, потолка и рабочей поверхности ( $\rho_c, \rho_n, \rho_p$ ). Коэффициенты отражения представлены в прил.4. Показатель помещения  $i$  вычисляется по формуле

$$i = \frac{AB}{h_p(A+B)}, \quad (6)$$

где  $A$  и  $B$  — длина и ширина производственного помещения;

$h_p$  — высота светильника.

После выполнения необходимых расчетов находится коэффициент использования светового потока (прил. 5).

5. Вычисляется световой поток лампы светильника (формула (2)).

6. Выбирается стандартная лампа с близким по величине световым потоком.

(Световой поток выбранной лампы не должен отличаться от расчетного больше чем на  $-10\%$  или  $+20\%$ ).

## II. Пример решения задач

*Задача.* Оценить освещенность производственного помещения следующих размеров: длина 12 метров, ширина — 4 и высота — 5 метров, с нормальной воздушной средой. В помещении выполняются работы средней точности подразряда «в». Общее освещение в системе комбинированного обеспечивается светильниками ШОД 2x80, подвешенными на расстоянии 1,7 метров от потолка в 2 ряда по 5 светильников в каждом. Рабочие места расположены у стен, высота рабочей поверхности 0,8 метра. Коэффициенты отражения стен 50%, потолка — 70%, рабочей поверхности — 10%. В светильниках используются лампы ЛДЦ 40-4.

Решение.

1. Определим высоту подвеса светильников по формуле (3)

$$h_p = H - (h_c + h_n) = 5 - (1,7 + 0,8) = 2,5 \text{ м.}$$

2. Определим требуемое расстояние между светильниками из выражения (4). В соответствии с типом светильника по прил.3 находим соответствующее соотношение расстояния между светильниками и высотой их подвеса:  $\lambda = 1,5$ . Тогда

$$L = \lambda \cdot h_p = 1,5 \cdot 2,5 = 3,75 \text{ м.}$$

3. Учитывая расположение рабочих мест, определим расстояние от светильников до стен по соотношению (5):

$$L_c = (0,25 \dots 0,30) \cdot L = 0,25 \cdot 3,75 = 0,94 \text{ м.}$$

4. Используя полученные значения  $L$ ,  $L_c$  и данные о размерах помещения, определим, какое количество светильников можно разместить в данном помещении. Оценим, сколько рядов светильников можно разместить в помещении шириной 4 метра. Для этого можно использовать следующую формулу:

$$\begin{aligned} 2 \cdot L_c + L \cdot (n - 1) &\leq D_1; \\ n &\leq (D_1 - 2 \cdot L_c) / L + 1, \end{aligned} \quad (7)$$

где  $L_c$  — расстояние от светильников до стен;

$L$  — расстояние между светильниками;

$n$  — количество светильников;



$D_1$  — ширина помещения.

Таким образом,

$$n \leq (4 - 2 \cdot 0,94) / 3,75 + 1 \leq 1,6.$$

Следовательно, в данном помещении можно разместить только один ряд светильников.

5. Определим количество светильников в ряду, учитывая, что сумма расстояний от светильников до стен и длины светильников должна быть меньше длины помещения. С помощью прил. 6 определим длину светильников ШОД 2x80 (она равняется 1,52 метра), затем рассчитаем количество светильников по формуле (8):

$$\begin{aligned} 2 \cdot L_c + 1 \cdot n &\leq D_2; \\ n &\leq (D_2 - 2 \cdot L_c) / 1, \end{aligned} \quad (8)$$

где  $L_c$  — расстояние от светильников до стен;

$l$  — длина светильника;

$n$  — количество светильников;

$D_2$  — длина помещения.

Таким образом,

$$n \leq (12 - 2 \cdot 0,94) / 1,52 \leq 6,7.$$

Следовательно, в одном ряду может быть не более 6 светильников ШОД 2x80.

6. Определим показатель помещения  $i$  по формуле (6):

$$i = \frac{12 \cdot 4}{2,5 \cdot (12 + 4)} = 1,2.$$

7. На основе полученного показателя  $i$ , типа светильника, коэффициентов отражения потолка, стен и рабочей поверхности по прил. 4 определим коэффициент использования светового потока  $\eta$ , получим, что  $\eta = 0,46$ .

8. Учитывая характер выполняемых работ, с помощью прил.1 найдем нормативную освещенность ( $E_{\min}$ ) данного помещения. В данном случае  $E_{\min} = 200$ .

9. По прил. 2 определим коэффициент запаса  $K$ . В соответствии с условиями задачи  $K = 1,5$ .

10. Определим световой поток одного светильника по формуле (2).

Если в ряду 6 светильников,

$$\Phi = \frac{200 \cdot 12 \cdot 4 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{6 \cdot 0,46} = 5739, \text{ лм.}$$

Если в ряду 5 светильников,

$$\Phi = \frac{200 \cdot 12 \cdot 4 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{5 \cdot 0,46} = 6887, \text{ лм.}$$

11. Поскольку в светильнике ШОД 2x80 две лампы, то световой поток лампы должен быть в 2 раза меньше светового потока светильника:

$$\Phi_{\text{л}} = \Phi / 2 = 5739 / 2 = 2870, \text{ лм} \text{ — если в ряду 6 светильников,}$$

$$\Phi_{\text{л}} = \Phi / 2 = 6887 / 2 = 3444, \text{ лм} \text{ — если в ряду 5 светильников.}$$

12. С помощью прил. 5 определим, какая лампа имеет требуемый световой поток и по длине может быть использована в светильниках ШОД 2x80. Наилучшим вариантом является лампа ЛБ 40-4 со световым потоком 3000 лм и длиной 1213,6 мм (требуется 6 светильников) или ЛД 65-4 со световым потоком 3570 лм и длиной 1514,2 мм (требуется 5 светильников).

Выводы:

1. Расположение светильников, указанное в условиях задачи, не соответствует требованиям норм, светильники должны быть расположены в один ряд, общее количество светильников — не больше 6.
2. Лампы ЛДЦ 40-4 не обеспечивают достаточной освещенности, так как их световой поток намного меньше требуемого. Следует использовать лампы ЛБ 40-4 (6 ламп) или ЛД 65-4 (5 ламп).

### III. Задачи для самостоятельной работы

Оценить освещенность производственного помещения размерами: длина —  $a$  метров, ширина —  $b$  и высота —  $c$  метров, с нормальной воздушной средой, в котором выполняются работы малой точности подразряда «б». Общее освещение в системе комбинированного обеспечивается светильниками ОД 2x80, подвешенными на расстоянии  $L_c$  метров от потолка в 2 ряда по 4 светильника в каждом. Рабочие места расположены у стен, высота рабочей поверхно-

сти 0,7 метра. Коэффициенты отражения стен 50%, потолка — 70%, рабочей поверхности — 30%. В светильниках используются лампы ЛБ 40-4.

	Вариант											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Длина $a$ , м	13	12	16	18	9	14	7	10	6	10	20	17
Ширина $b$ , м	4,3	4,5	4,5	8	4	9	6	7	3	10	15	8
Высота $c$ , м	3	4	3	4	3	3	3,5	3,5	2,8	3	4	5
$L_c$ , м	0,3	0,5	0,1	1	0,1	0,05	0,3	0,3	0,1	0,1	0,8	1,3

### Контрольные вопросы

1. Какие вам известны виды освещения?
2. Перечислите преимущества и недостатки различных видов освещения.
3. Назовите системы естественного и искусственного освещения по конструктивному исполнению.
4. Каким показателем оценивается естественное освещение?
5. Перечислите виды источников света и области их применения.
6. Назовите нормируемые параметры, используемые при расчете и оценке искусственного освещения.
7. Перечислите ненормируемые параметры, используемые при расчете и оценке искусственного освещения.
8. Охарактеризуйте метод светового потока.
9. Что характеризует коэффициент запаса?
10. От чего зависит коэффициент использования светового потока?

## Приложения

### Приложение 1

#### Нормативная освещенность при искусственном освещении

(Выписка из СНБ 2.04.05-98)

Характеристика зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Освещенность, лк		
		при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения
		всего	в том числе от общего	
Высокой точности	а	1500–2000	200	400–500
	б	750–1000	200	200–300
	в	600–750	200	200–300
	г	400	200	200
Средней точности	а	750	200	300
	б	500	200	200
	в	400	200	200
	г	—	—	200
Малой точности	а	400	200	300
	б	—	—	200
	в	—	—	200
	г	—	—	200
Грубая		—	—	200

### Приложение 2

#### Коэффициент запаса при искусственном освещении

(Выписка из СНБ 2.04.05–98)

Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне	Коэффициент запаса К
а) свыше 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти	1,6–2,0
б) от 1 до 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти	1,6–1,8
в) менее 1 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти	1,4–1,5

Приложение 3

Оптимальные значения соотношения расстояний ( $\lambda$ ) между светильниками с люминесцентными лампами и высоты их подвеса над рабочей поверхностью

№	Тип светильника	Расположение светильников	
		однорядное	многорядное
1	Светильники без решетчатых затенителей (ПВЛМ, ЛД, ЛСПОПЗ, ПВЛП, ЛОВПЗ)	1,35 (1,7)	1,8 (2,3)
2	Светильники с решетчатыми затенителями (ШОД, ОДР)	1,25 (1,5)	1,5
3	Светильники открытые диффузионные (ОДО, ОД)	1,4 (1,7)	1,6 (1,8)

Примечание: в скобках указаны максимальные допустимые значения  $\lambda$ .

Приложение 4

Коэффициенты использования светового потока  
Светильники с люминесцентными лампами

	Тип светильника								
	ШОД					ОД			
$\rho_n, \%$	70	70	50	30	0	30	50	70	70
$\rho_c, \%$	50	50	30	10	0	10	30	50	50
$\rho_p, \%$	30	10	10	10	0	10	30	10	30
$i$	Коэффициенты использования, %								
0,5	23	22	16	14	10	20	25	30	—
0,6	29	28	21	18	12	25	29	34	36
0,7	33	32	24	21	14	29	33	38	40
0,8	37	35	27	24	16	33	36	42	44
0,9	40	38	30	27	18	35	39	45	47
1,0	43	41	32	29	19	38	42	47	50
1,1	46	43	34	31	20	40	44	50	53
1,25	49	46	37	34	22	43	48	53	57
1,5	54	50	40	37	24	47	52	57	61
1,75	57	53	43	40	25	51	54	60	65
2,0	60	55	45	42	27	54	57	62	68

2,25	63	57	47	44	28	56	59	64	70
2,5	65	59	48	45	29	57	60	65	72
3,0	68	61	50	48	30	60	63	67	75
3,5	71	63	52	50	31	62	65	69	78
4,0	73	65	54	52	32	64	66	70	80
5,0	76	67	56	53	34	66	69	72	82

## Технические данные люминесцентных ламп

Тип лампы	Световой поток, лм	Длина лампы, мм
ЛДЦ 30-4	1450	908,8
ЛД 30-4	1640	
ЛХБ 30-4	1490	
ЛТБ 30-4	1545	
ЛБ 30-4	1890	
ЛДЦ 40-4	2100	1213,6
ЛД 40-4	2340	
ЛХБ 40-4	2600	
ЛТБ 40-4	2580	
ЛБ 40-4	3000	
ЛХБЦ 40-4	2000	
ЛДЦ 65-4	3050	1514,2
ЛД 65-4	3570	
ЛХБ 65-4	3820	
ЛТБ 65-4	3980	
ЛБ 65-4	4550	
ЛДЦ 80-4	3560	1514,2
ЛД 80-4	4070	
ЛХБ 80-4	4440	
ЛТБ 80-4	4440	
ЛБ 80-4	5220	
ЛХБ 150	8000	1524,2
ЛБР 40	2250	1213,6
ЛБР 80-1	4160	1514,2

## Светильники с люминесцентными лампами

Серия, тип	Число, шт; мощность, Вт	Модификация	Длина, мм
ШОД	2x40, 2x80	Общего освещения, диффузионный, с решеткой	1520
ОД	2x30, 2x40, 2x80, 2x125.	Общего освещения, диффузионный	1520

Библиотека БГУИР

Учебное издание

**Борбот** Алина Юрьевна,  
**Зацепин** Евгений Николаевич,  
**Навоша** Адам Имполитович

**ОЦЕНКА ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ  
В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ**

Методическое пособие  
к практическим занятиям по дисциплине  
«Охрана труда и основы экологии»  
для студентов всех специальностей и форм обучения БГУИР

Редактор Т.Н. Крюкова  
Корректор Е.Н. Батурчик

---

Подписано в печать 11.10.2002	Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать ризографическая. Гарнитура «Таймс».	Усл. печ. л. 1,05.
Уч.-изд. л. 0,6. Тираж 200 экз.	Заказ 445

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»  
Лицензия ЛП № 156 от 05.02.2001.  
Лицензия ЛВ № 509 от 03.08.2001.  
220013, Минск, П. Бровки, 6.