

Освещение рабочих мест

А.М. ЛАЗАРЕНКОВ, заведующий кафедрой «Охрана труда» БНТУ, доктор технических наук, профессор,

С.А. ХОРЕВА, профессор кафедры «Экология» БНТУ

Рациональное освещение рабочих мест является одним из существенных показателей условий труда, охраны здоровья человека. При неудовлетворительном освещении зрительная способность глаза снижается, могут появиться головные боли, резь в глазах, близорукость, катаракта. Поэтому немаловажное значение должно придаваться созданию хорошей освещенности рабочего места.

Производственное освещение, правильно спроектированное и выполненное, улучшает условия зрительной работы, снижает утомление, способствует повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции, благоприятно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм на производстве.

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОСВЕЩЕНИЯ

Часть электромагнитного спектра с длинами волн 10–340000 нм называется оптической областью спектра, которая делится на инфракрасное излучение с длинами волн 340000–770 нм, видимое излучение 770–380 нм, ультрафиолетовое излучение 380–10 нм. В пределах видимой части спектра излучения различной длины волны вызывают различные световые и цветовые ощущения: от фиолетового ($\lambda = 400$ нм)

до красного ($\lambda = 750$ нм) цветов. Чувствительность зрения максимальна к излучению с длиной волны 555 нм (желто-зеленый цвет) и уменьшается к границам видимого спектра.

Совершенство производственного освещения характеризуется количественными и качественными показателями.

К количественным показателям относятся: световой поток, сила света, яркость, освещенность, коэффициент отражения, а к качествен-

ным — фон, контраст объекта с фоном, видимость, показатель ослепленности, коэффициент пульсации освещенности.

Основной величиной, характеризующей искусственное освещение, является **световой поток Φ** , определяемый как мощность лучистой энергии, оцениваемой по световому ощущению человеческого глаза. За единицу светового потока принят люмен (лм). Световой поток в 1 лм излучает платиновый излучатель площадью 0,5305 мм² в момент затвердевания платины, т.е. при 2042 К.

Сила света I — это величина пространственной плотности светового потока, которая определяется как отношение светового потока $d\Phi$, исходящего от источника и распространяющегося равномерно внутри элементарного телесного угла $d\Omega$, к величине этого угла: $I = d\Phi / d\Omega$. За единицу силы света принята кандела (кд). Одна кандела — сила света, испускаемого с поверхнос-

Свет обеспечивает связь организма с внешней средой, обладает высоким биологическим и тонизирующим действием. Зрение — главный «информатор» человека: около 90% всей информации о внешнем мире поступает в наш мозг через глаза.



ти площадью $1/600000 \text{ м}^2$ полного излучателя (государственный световой эталон) в перпендикулярном направлении при температуре затвердевания пластины (2046,65 К) при давлении 101325 Па. Сила света в одну канделу обеспечивается световым потоком в один люмен, заключенным в единичном угле в одинстерадиан.

Освещенность E — плотность светового потока $d\Phi$ на освещаемой поверхности dS :

$$E = d\Phi/dS.$$

За единицу освещенности принят люкс (лк). Люкс — это освещенность поверхности площадью 1 м^2 при световом потоке падающего на него излучения, равном 1 лм.

Яркость L элемента поверхности измеряется в кд/м². Кандела на квадратный метр — это яркость равномерно светящейся плоской поверхности площадью 1 м^2 в перпендикулярном к ней направлении при силе света 1 кд. Определяющее уравнение для яркости света:

$$L = I/S \cdot \cos\phi,$$

где ϕ — угол, образованный направлением светового потока с нормалью к площадке светящейся поверхности.

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

Фон — поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Объем раз-

личения — наименьший размер рассматриваемого предмета, отдельной его части, который необходимо различать в процессе работы. В зависимости от наименьшего размера объекта различения зрительные работы подразделяются на разряды. Фон характеризуется коэффициентом отражения, зависящим от цвета и фактуры поверхности, значения которого находятся в пределах 0,02–0,95. Фон считается светлым при коэффициенте отражения поверхности более 0,4; средним — от 0,2 до 0,4; темным — менее 0,2.

Контраст объекта различения с фоном K — отношение абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона:

$$K = |L_o - L_\phi| / L_\phi,$$

где L_o и L_ϕ — яркость соответственно объекта и фона.

Контраст объекта различения с фоном считается большим при K более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости), средним — при K от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости), малым — при K менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости).

В зависимости от сочетания характеристик фона и контраста объекта с фоном разряды зрительной работы подразделяются на подразряды.

Видимость V — универсальная характеристика качества освещения, которая характеризует способность глаза воспринимать объект. Зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции. Видимость определяется числом поро-

вых контрастов в контрасте объекта с фоном:

$$V = K/K_{пор'}$$

где K — контраст объекта с фоном; $K_{пор}$ — пороговый контраст, т.е. наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличимым.

Показатель ослепленности P — критерий оценки слепящего действия осветительной установки, определяемый выражением:

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

где S — коэффициент ослепленности, равный отношению видимости объекта соответственно при экранировании и при наличии блеских источников в поле зрения.

Коэффициент пульсации освещенности K_n — критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током, определяемый по формуле:

$$K_n = (E_{max} - E_{min} / 2E_{cp}) \cdot 100\%,$$

где E_{max} и E_{min} — соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк; E_{cp} — среднее значение освещенности за этот же период, лк.

ВИДЫ И СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

В зависимости от источника света производственное освещение может быть есте-



ственным, искусственным и совмещенным (СНБ 2.04.05-98 «Естественное и искусственное освещение»).

Естественное освещение — это освещение помещений дневным светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. По конструктивному исполнению подразделяется на *боковое* (одно- и двухстороннее — через проемы в наружных стенах), *верхнее* (через светоаэрационные фонари, световые проемы в перекрытиях, а также через проемы в местах перепада высот здания) и *комбинированное* (представляет собой сочетание верхнего и бокового освещения).

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

Искусственное освещение по функциональному назначению подразделяется на *рабочее, аварийное, охранное и дежурное*. Аварийное освещение разделяют на освещение безопасности (предусматривается, если отключение рабочего освещения может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса. Оно должно обеспечить возможность продолжения работ) и эвакуационное (предназначено для безопасной эвакуации людей).

Искусственное освещение по месту расположения светильников используется двух систем: *общее* и *комбинированное*. *Общее* — освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное) или группируются с

учетом расположения оборудования (общее локализованное). Система *комбинированного* освещения включает общее и местное освещение. Применение одного местного освещения (без общего) внутри помещений не допускается.

В качестве источников искусственного света для освещения помещений следует использовать наиболее экономичные разрядные лампы. Использование ламп накаливания для общего освещения допускается только в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности использования разрядных ламп. Для местного освещения кроме разрядных источников света рекомендуется использовать лампы накаливания, в том числе галогенные.

При совмещенном освещении недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Совмещенное освещение помещений производственных зданий следует предусматривать: для производственных помещений, в которых выполняются работы I — III разрядов; для производственных и других помещений в случаях, когда по условиям технологии, организации производства или климата в месте строительства требуются объемно-планировочные решения, которые не позволяют обеспечить нормированное значение КЕО (многоэтажные здания большой ширины, одноэтажные многопролетные здания с пролетами большой ширины и т.п.); в соответствии с нормативными документами по строительному проектированию зданий и сооружений отдельных отраслей промышленности.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОИЗВОДСТВЕННОМУ ОСВЕЩЕНИЮ

Основная задача освещения на производстве — создание наилучших зрительных условий труда. Эту задачу возможно решить только осветительной системой, отвечающей следующим требованиям.

Освещенность на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы, который определяется следующими тремя параметрами: **объектом различения, фоном и контрастом объекта с фоном**.

Необходимо обеспечить достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности, а также в пределах окружающего пространства. Если в поле зрения находятся поверхности, значительно отличающиеся между собой по яркости, то при переводе взгляда с ярко освещенной на слабо освещенную поверхность глаз вынужден переадаптироваться, что ведет к утомлению зрения.

Для повышения равномерности естественного освещения больших цехов (*литейных, механосборочных*) осуществляется комбинированное освещение. Светлая окраска потолка, стен и производственного оборудования способствует созданию равномерного распределения яркостей в поле зрения.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени. Наличие резких теней создает неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различения, в



результате повышается утомляемость. Особенно вредны движущиеся тени, которые могут привести к травмам. **Тени необходимо смягчать, применяя светильники со светорассеивающими молочными стеклами.**

В поле зрения должна отсутствовать прямая и отраженная блескость. *Блескость* — повышенная яркость светящихся поверхностей, вызывающая нарушение зрительных функций (ослепленность), т.е. ухудшение видимости объектов.

Прямая блескость связана с источниками света. Отраженная возникает на поверхности с большим коэффициентом отражения или отражением по направлению к глазу. Ослепленность приводит к быстрому утомлению и снижению работоспособности.

Прямую блескость ограничивают уменьшением яркости источников света, правильным выбором защитного угла светильника, увеличением высоты подвеса светильников. Отраженную блескость ослабляют правильным выбором направления светового потока на рабочую поверхность, а также изменением угла наклона рабочей поверхности. Там, где это возможно, следует заменять блестящие поверхности матовыми.

Величина освещенности должна быть постоянной во времени. Колебания освещенности, вызванные резким изменением напряжения в сети, имеют большую амплитуду, каждый раз вызывая переадаптацию глаза, что приводит к значительному утомлению. Пульсация освещенности связана также с особенностью

работы газоразрядных ламп. **Постоянство освещенности во времени достигается стабилизацией питающего напряжения, жестким креплением светильников, применением специальных схем включения газоразрядных ламп.**

Необходимо выбирать оптимальную направленность светового потока, что позволяет в одних случаях рассмотреть внутренние поверхности деталей, в других — различить рельефность элементов рабочей поверхности. Наибольшая видимость достигается при падении света на рабочую поверхность под углом 60° к ее нормали, а наихудшая — при 0° .

Следует выбирать необходимый спектральный состав света. Это требование особенно существенно для обеспечения правильной цветопередачи, а в отдельных случаях для усиления цветовых контрастов.

Правильную цветопередачу обеспечивают естественное освещение и искусственные источники света со спектральной характеристикой, близкой к солнечной. Для создания цветовых контрастов применяют монохроматический свет, усиливающий одни цвета и ослабляющий другие.

Все элементы осветительных установок — светильники, групповые щитки, понижающие трансформаторы, осветительные сети — должны быть достаточно долговечными, удобными и простыми в эксплуатации, электробезопасными, пожаробезопасными, не являться источником шума и тепловыделений, отвечать требованиям эстетики.

НОРМИРОВАНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ

При выборе требуемого минимального уровня освещенности рабочего места необходимо установить разряд (*характер*) выполняемой зрительной работы. Его определяют по наименьшему размеру объекта различения (*мм*). **Объект различения** — это рассматриваемый предмет, отдельная его часть или эффект, которые требуется различать в процессе работы.

В соответствии с СНБ 2.04.05-98 все зрительные работы, проводимые в производственных помещениях, делятся на восемь разрядов. **Разряд I** — работы наивысшей точности с размером объекта различения менее $0,15$ мм; **разряд VIII** — общее наблюдение за ходом технологического процесса без ограничения размера объекта различения (табл. 1).

НОРМИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Непостоянство естественного света даже в течение короткого промежутка времени вызвало необходимость нормировать естественное освещение с помощью относительного показателя — коэффициента естественной освещенности (КЕО, е).

КЕО — это отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженное в процентах:

$$КЕО(е) = (E_{\text{вн}} / E_{\text{нар}}) \cdot 100.$$



Таблица 1

Нормы проектирования естественного и искусственного освещения по СНБ 2.04.05-98

1	2	3	4	5	6	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение	
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации		КЕО, еН, %			
						при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения	Р	КП, %	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
						всего	в том числе от общего							
7	8	9	10	11	12	13	14	15						
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000 4500	500 500	— —	20 10	10 10	—	—	6,0	2,0
			б	Малый Средний	Средний Темный	4000 3500	400 400	1250 1000	20 10	10 10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500 2000	300 200	750 600	20 10	10 10				
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	1500 1250	200 200	400 300	20 10	10 10				
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000 3500	400 400	— —	20 10	10 10	—	—	4,2	1,5
			б	Малый Средний	Средний Темный	3000 2500	300 300	750 600	20 10	10 10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000 1500	200 200	500 400	20 10	10 10				
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	1000 750	200 200	300 200	20 10	10 10				
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	—	—	3,0	1,2
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 600	200 200	300 200	40 20	15 15				
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	400	200	200	40	15				
Средней точности	Свыше 0,5 до 1,0	IV	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 Большой	Светлый Светлый Средний	—	—	200	40	20				



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	а	Малый	Темный	400	200	300	40	20	3	1	1,8	0,6	
			б	Малый Средний	Средний Темный	-	-	200	40	20					
			в	Малый Большой	Светлый Средний Темный	-	-	200	40	20					
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	-	-	200	40	20					
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном			-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6	
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII	То же			-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6	
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное периодическое при постоянном пребывании людей в помещении периодическое при периодическом пребывании людей в помещении		VIII	а	Независимо от характеристики фона и контраста объекта с фоном.			-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	То же			-	-	75	-	-	1	0,3	0,7	0,2
			в	То же			-	-	50	-	-	0,7	0,2	0,5	0,2
			г	То же			-	-	20	-	-	0,3	0,1	0,2	0,1
Общее наблюдение за инженерными коммуникациями			То же			-	-	20	-	-	0,3	0,1	0,2	0,1	

Для зданий, расположенных в различных районах местности, нормированные значения КЕО (e_N) определяют по формуле:

$$e_N = e_H \cdot m_N$$

где e_H — значения КЕО (табл. 1); m_N — коэффициент светового климата для соответствующего номера группы районов (табл. 2); N — номер группы административного района стран СНГ по ресурсам светового климата (табл. 4.2 СНБ 2.04.05-98).

При боковом одно- и двухстороннем естественном ос-

вещении нормируется минимальное значение КЕО; при боковом одностороннем — на расстоянии 1 м от стены в точке, наиболее удаленной от световых проемов, и на высоте 0,8 м от пола (уровень условной рабочей поверхности), при боковом двухстороннем — в точке посередине помещения.

При верхнем или комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение КЕО в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхнос-

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

В производственных помещениях со зрительной работой I—III разрядов следует устраивать совмещенное освещение.

Характерный разрез помещения (рис. 1) — поперечный разрез посередине помещения, плоскость которого перпендикулярна плоскости остекления световых проемов (при боковом освещении) или продольной оси пролетов помещения (участки с наибольшим количеством рабочих мест, а так-



же точки рабочей зоны, наиболее удаленные от световых проемов).

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

НОРМИРОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

В соответствии с СНБ 2.04.05-98 искусственное освещение оценивается непосредственно по освещенности рабочей поверхности (*E*, лк). Рабочей считается поверхность, на которой производится работа и нормируется или измеряется освещенность. При выборе нормы освещенности кроме характера (*разряда*) зрительной работы необходимо также учесть контраст объекта различения с фоном и характеристику фона, на котором рассматривается этот

объект, т.е. определить подразряд зрительной работы (*a*, *b*, *v* или *г*).

При выполнении в помещениях работ I—III, IVa, IVб, IVв, Va разрядов следует применять систему комбинированного освещения. Предусматривать систему общего освещения допускается при технической невозможности или нецелесообразности устройства местного освещения. В темное время суток использовать только местное освещение (*без общего*) категорически запрещено.

Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять не менее 10% нормируемой для комбинированного освещения. При этом освещенность должна быть не менее 200 лк при разрядных лампах, не менее 75 лк при лампах накаливания.

В производственных помещениях освещенность проходов и участков, где работа не производится, должна составлять не более 25% от нормируемой освещенности, создаваемой светильниками общего освещения, но не менее 75 лк при разрядных лампах и не менее 30 лк при лампах накаливания.

В цехах с полностью автоматизированным технологическим процессом следует предусматривать освещение для наблюдения за работой оборудования, а также дополнительно включаемые светильники общего и местного освещения для обеспечения необходимой освещенности при ремонтно-наладочных работах.

НОРМИРОВАНИЕ СОВМЕЩЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

При оценке и нормировании совмещенного освещения

Таблица 2

Значения коэффициента светового климата

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата <i>m</i>	
		Номер группы административных районов стран СНГ	
		3	4
		Брестская и Гомельская области	Остальная территория Республики Беларусь
В наружных стенах зданий	С	0,9	1
	СВ, СЗ	0,9	1
	З, В	0,9	1
	ЮВ, ЮЗ	0,85	1
	Ю	0,85	0,95
В прямоугольных и трапециевидных фонарях	С-Ю	0,9	1
	СВ-ЮЗ	0,9	1
	ЮВ-СЗ		
	В-З	0,85	1
В фонарях типа «Шед»	С	0,9	1
В зенитных фонарях	—	1	1

Примечание: С — северная, СВ — северо-восточная, СЗ — северо-западная, В — восточная, З — западная, С-Ю — север-юг, В-З — восток-запад, Ю — южная, ЮЗ — юго-западная.

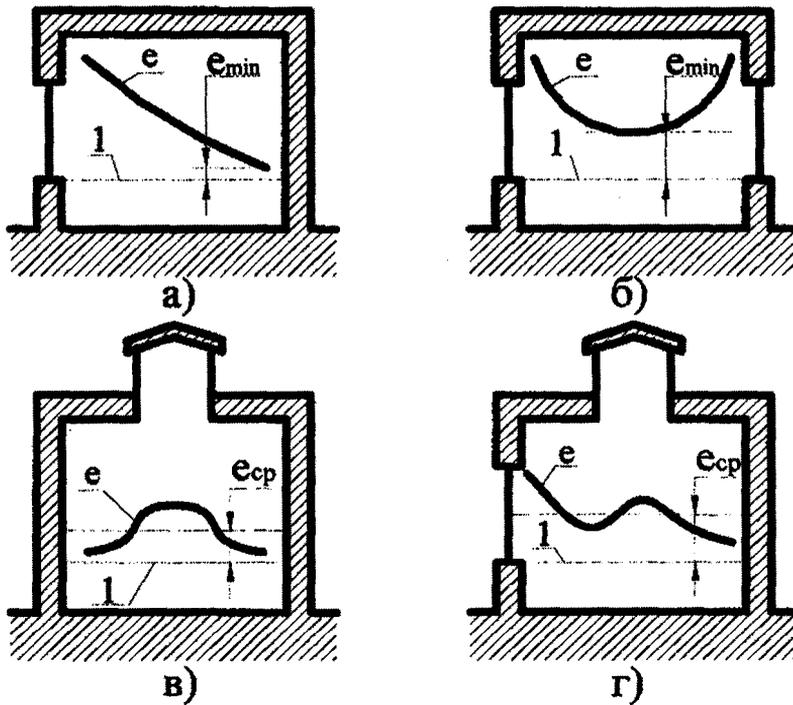


Рис. 1. Схема распределения КЕО по разрезу помещения:

а) — одностороннее боковое освещение; б) — двустороннее боковое освещение; в) — верхнее освещение, г) — комбинированное освещение; 1 — уровень рабочей плоскости

необходимо по табл. 1 выбрать нормативную величину КЕО для выполняемого разряда зрительной работы и конструктивного исполнения естественного освещения.

Освещенность от системы общего искусственного освещения (при совмещенном освещении) принимается по табл. 1

для соответствующего разряда и подразряда зрительной работы с повышением на одну ступень по шкале освещенности (кроме разрядов Iб, Iв, IIб). При этом освещенность рабочей поверхности в любом случае должна составлять не менее 200 лк при разрядных лампах и 100 лк при лампах накаливания.

При использовании комбинированного искусственного освещения (в системе совмещенного) нормативная освещенность от светильников общего освещения повышается на одну ступень по шкале освещенности для всех разрядов, кроме Ia, Ib, IIa. ☒

(Окончание следует)