

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 04.02.2021 16:23:00

Уникальный идентификатор:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды



## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ РАБОЧИХ МЕСТ

Методические указания к проведению лабораторной работы по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов очной и заочной формы обучения всех специальностей и направлений

УДК 658

Составители: В.М. Попов, Л.В. Шульга, В.В. Протасов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *П.Н. Северенчук*

**Гигиеническая оценка искусственного освещения рабочих мест:** методические указания к проведению лабораторной работы по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.М.Попов, Л.В.Шульга, В.В.Протасов. Курск, 2012. 19с.: табл. 5. Библиогр.: с. 16.

Излагаются методические рекомендации по изучению и измерению основных показателей искусственной освещенности рабочих мест.

Предназначены для студентов очной и заочной формы обучения всех специальностей и направлений.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать                      Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 1,10. Уч.-изд.л. 1,00. Тираж 50 экз. Заказ                      . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель лабораторной работы:** ознакомиться с основными светотехническими величинами, определяющими условия работы на рабочих местах, видами искусственного освещения, требованиями санитарных норм на производственное освещение, методами и приборами для исследования светотехнических характеристик источников света, светильников и систем освещения.

## 1. Общие положения

### Основные светотехнические величины

Освещение и световая среда характеризуется следующими параметрами.

Световой поток ( $\Phi$ ) — часть электромагнитной энергии, которая излучается источником в видимом диапазоне. Поскольку световой поток — это не только физическая, но и физиологическая величина, так как характеризует зрительное восприятие, для него введена специальная единица измерения люмен (лм).

Сила света ( $I$ ). Так как источник света может излучать свет по различным направлениям неравномерно, вводится понятие силы света как отношения величины светового потока, распространяющегося от источника света в некотором телесном угле  $W$ , измеряемом в стерadianах (ср), к величине этого телесного угла

$$I = \Phi / W.$$

Единица силы света — кандела (кд) — это световой поток в люменах (лм), испускаемый точечным источником в телесном угле 1 ср (лм/ср). Телесный угол определяется отношением площади  $S$ , вырезаемой им из сферы произвольного радиуса  $R$ , к квадрату последнего:

$$W = S / R^2.$$

Полный телесный угол пространства, окружающего точку, равен  $4\pi$  ср, телесный угол каждой из полусфер (верхней и нижней) равен  $2\pi$  ср.

Солнце и искусственные источники света — это первичные источники светового потока, т. е. источники, в которых генерируется электромагнитная энергия. Однако существуют вторичные источники — это поверхности объектов, от которых свет отражается.

Коэффициентом отражения ( $r$ ) называется доля светового потока  $\Phi_{\text{пад}}$ , падающего на поверхность, которая отражается от нее.

$$r = \Phi_{\text{отр}} / \Phi_{\text{пад}}$$

Величина же светового потока, отраженного поверхностью предмета  $\Phi_{\text{отр}}$  и распространяющегося в некотором телесном угле  $W$ , отнесенная к величине этого угла и площади  $S$  отражающей поверхности, называется яркостью ( $L$ ) объекта. По сути — это сила света, излучаемая поверхностью, отнесенная к площади этой поверхности.

Яркость измеряется в кд/м<sup>2</sup>.

Зрительное восприятие в основном определяется яркостью  $L$  равномерно светящейся плоской поверхности площадью 1 м<sup>2</sup> в перпендикулярном к ней направлении при силе света 1 кд. В общем случае яркость определяется по уравнению

$$L = L_0 / (\cos \alpha),$$

где  $\alpha$  — угол, под которым рассматривается поверхность.

Чем больше яркость объекта, тем больший световой поток от него поступает в глаз и тем сильнее сигнал, поступающий от глаза в зрительный центр. Таким образом, казалось бы, чем больше яркость, тем лучше человек видит объект. Однако это не совсем так. Если поверхность (фон), на которой располагается объект, имеет близкую к объекту по величине яркость, то интенсивность засветки участков сетчатки световым потоком, поступающим от фона и объекта, одинакова (или слабо различается), величина поступающих в мозг сигналов одинакова, и объект на фоне становится неразличимым.

Чтобы объект был хорошо виден, яркости объекта и фона должны различаться. Разница между яркостями объекта  $L_o$  фона  $L_\phi$ , отнесенная к яркости фона, называется контрастом.

$$K = (L_o - L_\phi) / L_\phi$$

Величина контраста берется по модулю.

Если объект резко выделяется на фоне (например, черная линия на белом листе), контраст считается большим, при среднем контрасте объект и фон заметно различаются по яркости. При малом контрасте объект слабо заметен на фоне (например, линия бледно-желтого цвета на белом

листе). При  $K < 0,2$  контраст считается малым, при  $K = 0,2 \dots 0,5$  контраст средний, а при  $K > 0,5$  — большим.

Величина яркости объекта тем больше, чем больше коэффициент отражения и падающий на поверхность световой поток.

Световые свойства поверхностей характеризуются коэффициентами отражения, пропускания и поглощения. Указанные коэффициенты — это доля светового потока, которая соответственно отражается, пропускается или поглощается поверхностью.

Для характеристики интенсивности светового потока, падающего на поверхность от источника света, введена величина, получившая название освещенности.

Освещенность ( $E$ ) — это отношение падающего на поверхность светового потока  $\Phi_{\text{пад}}$  к величине площади этой поверхности  $S$

$$E = \Phi_{\text{пад}} / S$$

Измеряется освещенность в люксах (лк) —  $\text{лм}/\text{м}^2$ . Освещенность поверхности не зависит от ее световых свойств.

Таким образом, чем больше освещенность и контраст, тем лучше виден объект, а, следовательно, меньше нагрузка на зрение. Следует обратить внимание на то, что слишком большая яркость отрицательно воздействует на зрение. Как правило, большая яркость связана не со слишком большой освещенностью, а с очень большими коэффициентами отражения (например, зеркальным отражением). При большой яркости имеет место слишком интенсивная засветка сетчатки и возникает явление ослепленности. Такое явление, например, возникает, если смотреть на раскаленную нить лампы накаливания, обладающей большой яркостью.

Поверхности, яркость которых в отраженном или пропущенном свете одинакова во всех направлениях, называются диффузными.

Близки по свойствам к диффузным поверхностям и приравниваются к последним в отраженном свете матовые поверхности бумаги, ткани, дерева, побеленные поверхности, штукатурка, в пропущенном свете — только молочные стекла.

Одной из характеристик, характеризующей зрительную работу, является фон — поверхность, на которой происходит различение объекта, с которым работает человек. Фон характеризуется способностью поверхности отражать падающий на нее свет. Отражательная способность определяется коэффициентом отражения —  $\rho$ . В зависимости от цвета и фактуры поверхности значения коэффициента отражения  $\rho$  изменяются в

широких пределах — 0, 02. ..0, 95. Фон считается светлым при  $\rho > 0,4$ ; средним при значениях  $\rho$  в диапазоне 0, 2.. .0,4 и темным при  $\rho < 0,2$ .

Важной характеристикой, от которой зависит требуемая освещенность на рабочем месте, является размер объекта различения — минимальный размер наблюдаемого объекта (предмета), отдельной его части или дефекта, которые необходимо различать при выполнении работы. Например, при написании или чтении текста, чтобы видеть текст, необходимо различать толщину линии буквы — поэтому толщина линии и будет размером объекта различения при написании или чтении текста. Размер объекта различения определяет характеристику работы и ее разряд. Например, при размере объекта менее 0,15 мм разряд работы наивысшей точности (I разряд), при размере 0,15. ..0,3 мм — разряд очень высокой точности (II разряд); 0,3. ..0,5 мм — разряд высокой точности (III разряд) и т. д. При размере более 5 мм — грубая работа.

Очевидно, чем меньше размер объекта различения (выше разряд работы) и меньше контраст объекта различения с фоном, на котором выполняется работа, тем больше требуется освещенность рабочего места, и наоборот.

### **Виды искусственного освещения**

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых недостаточно естественного света, или для освещения помещения в часы суток, когда естественная освещенность отсутствует.

Искусственное освещение может быть общим (все производственные помещения освещаются однотипными светильниками, равномерно расположенными над освещаемой поверхностью и снабженными лампами одинаковой мощности) и комбинированным (к общему освещению добавляется местное освещение работ мест светильниками, находящимися у аппарата, станка, приборов и т. д.). Использование только местного освещения недопустимо, так как резкий контраст между ярко освещенными и неосвещенными участками утомляет глаза, замедляет процесс работы и может послужить причиной несчастных случаев и аварий.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на рабочее, дежурное, аварийное и охранное. Рабочее освещение обязательно во всех помещениях и на освещаемых территориях для обеспечения нормальной работы людей и движения транспорта. Дежурное освещение включается во вне рабочее время.

Аварийное освещение предусматривается для обеспечения минимальной освещенности в производственном помещении на случай внезапного отключения рабочего освещения.

Охранное освещение предусматривается вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время.

## 2. Методы контроля параметров освещения

Искусственное освещение оценивают по уровню освещенности горизонтальной поверхности на рабочем месте в соответствии с методическими указаниями «Оценка освещения рабочих мест».

Для измерения освещенности согласно ГОСТ 24940-96 следует использовать люксометры с измерительными преобразователями видимого излучения, имеющими спектральную погрешность не более 10%.

Все применяемые средства измерения в обязательном порядке должны иметь свидетельства о метрологической аттестации и проверке. Перечень рекомендуемых приборов для оценки параметров освещения, занесенных в Госреестр средств измерений, приведен в табл. 1. Аттестация люксометров проводится в соответствии с Гост 8.326-89, поверка – в соответствии с ГОСТ 8.014-72 и ГОСТ 8.023-90.

Таблица 1

### Перечень средств измерений для оценки освещенности

№п/п	Наименование прибора	Технические характеристики		
		Пределы измерений, лк	Питание	Масса, кг
1	Люксометр типа «Кварц-21»	0,1. ..100 000	Сеть 220 В, 50 Гц.	0,6
2	Люксометр типа «Аргус-01»	0... 200 000	Автономное	0,25
3	Люксометр типа Ю-116	5.. .100 000	Автономное	1,75
4	Люксометр Ю-117	0,1. ..100 000	Автономное	2,0

Принцип действия наиболее широко применяемых люксометров Ю-116 и Ю-117 основан на фотоэлектрическом эффекте. В качестве фотоэлемента используется селеновый фотоэлемент, так как его спектральная чувствительность близка к спектральной чувствительности глаза человека. При освещении поверхности фотоэлемента световым потоком в нем возникает фототок, величина которого пропорциональна плотности светового потока.

Регистрирующей частью является чувствительный гальванометр, отградуированный непосредственно в люксах.

Контрольные точки для измерения минимальной освещенности от рабочего освещения размещают в центре помещения, под светильниками, между светильниками и их рядами, у стен на расстоянии  $0,15 - 0,25l$ , но не менее 1 м, где  $l$  - расстояние между рядами светильников.

Для определения контрольных точек план помещения разбивают на равные, по возможности квадратные, части. Контрольные точки размещают в центре каждого квадрата. Минимальное число контрольных точек для измерения определяют исходя из размеров помещения и высоты подвеса светильников над рабочей поверхностью. Для этого рассчитывают индекс помещения  $i'$  по формуле

$$i' = a b / h_0 (a + b)$$

где  $a$  – ширина помещения, м;  $b$  – длина помещения, м;  
 $h_0$  – высота подвеса светильника, м.

Минимальное количество контрольных точек  $N$  для измерения средней освещенности квадратного помещения определяют по таблице 2.

При размещении контрольных точек на плане помещения их сетка не должна совпадать с сеткой размещения светильников. В случае совпадения сеток число контрольных точек на плане помещения целесообразно увеличить.

При расположении в помещении крупногабаритного оборудования контрольные точки не должны располагаться на оборудовании. Если контрольные точки попадают на оборудование, сетку контрольных точек следует сделать более частой и исключить точки, попадающие на оборудование.



Таблица 2

Количество контрольных точек измерений освещенности для различных значений индекса помещения

Индекс помещения	Число точек измерения
Менее 1	4
От 1 до 2 включительно	9
Свыше 2 до 3 включительно	16
Свыше 3	25

Измерение освещенности при рабочем и аварийном освещении следует производить в темное время суток, когда отношение естественной освещенности к искусственной составляет не более 0,1, измерение освещенности при эвакуационном освещении – когда значение естественной освещенности не превышает 0,1 лк.

В начале и конце измерений следует измерить напряжение на щитах распределительных сетей освещения.

Если освещение определяют днем, то вначале следует измерить освещенность, создаваемую смешанным освещением (естественным и искусственным), а затем при выключенном искусственном освещении. Разность между полученными данными составит величину освещенности, создаваемую искусственным освещением.

При проведении измерений освещенности рабочих мест необходимо соблюдать следующие требования:

на измерительный фотометрический датчик не должна падать тень от человека;

измерительный прибор не должен располагаться вблизи сильных магнитных полей.

Освещенность на рабочем месте определяют прямыми измерениями в плоскости, указанной в нормах освещенности, или на рабочей плоскости оборудования.

При комбинированном освещении рабочих мест освещенность измеряют сначала от светильников общего освещения, затем включают светильники местного освещения в их рабочем положении и измеряют суммарную освещенность от светильников общего и местного освещения.

Результаты измерений освещенности оформляют в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Если освещение определяют днем, то вначале следует измерить освещенность, создаваемую смешанным освещением (естественным и искусственным), а затем при выключенном искусственном освещении. Разность между полученными данными составит величину освещенности, создаваемую искусственным освещением.

Измерение яркости рабочих поверхностей для определения соответствия ее установленным нормам производится в соответствии с ГОСТ 26824-86 «Здания и сооружения. Методы измерения яркости». Для измерения яркости применяются яркомеры ЯРМ-3, ЯСО-1, Агрус 02 и другие.

Показатель ослепленности и коэффициент пульсации определяются расчетными методами.

### **3. Описание лабораторной установки**

Для экспериментального исследования искусственной освещенности на рабочей поверхности в зависимости от различных факторов применяется специальная установка. Установка включает в себя исследуемый светильник местного освещения «Альфа», штатив, позволяющий изменять высоту подвеса светильника над рабочей поверхностью, измерительный блок люксметра, селеновый фотоэлемент люксметра Ю-116. Лампа светильника включается в сеть электропитания 220 В через ЛАТР. Высота подвеса светильника определяется по расстоянию от уровня нити накала лампы до рабочей поверхности стола. Все приборы размещены в специальной затемненной комнате, позволяющей исключить влияние естественной освещенности на получаемые результаты измерений.

### **4. Порядок выполнения работы**

Перед началом выполнения экспериментальных исследований студенты должны ознакомиться с правилами техники безопасности при проведении работ в данной лаборатории и изучить Инструкцию по эксплуатации люксметра Ю-116.

**Задание № 1. Исследовать освещённость на рабочей поверхности в зависимости от напряжения на светильнике и высоты его подвеса.**

Светильник располагается на высоте 300 мм от рабочей поверхности стола.

Изменяя напряжение на светильнике с помощью ЛАТРа измерить освещённость  $E$  люксметром. При этом фотоэлемент устанавливают под светильником на рабочей поверхности. Результаты измерений занести в таблицу 3.

Таблица 3

Напряжение, В	40	80	120	160	200	220
Освещённость, лк						

Подготовить и заполнить таблицу 4 установив на ЛАТРе напряжение 220 В, изменяя высоту подвеса светильника над рабочей поверхностью от 300 до 550 мм.

Таблица 4

Значения освещённости при различной высоте подвеса  
светильника

Высота подвеса светильника, мм	300	350	400	450	500
Освещённость, лк					

По данным таблицы 3 и 4 построить графики зависимости уровня освещённости от исследуемых параметров.

## **Задание 2. Исследование распределения освещённости в продольной плоскости**

Светильник располагается на высоте 300 мм от рабочей поверхности стола. Напряжение на ЛАТРе 220 В. Фотоэлемент люксметра устанавливают на рабочей поверхности стола под лампой накаливания (точка 0).

Затем производят измерение уровня освещённости перемещая фотоэлемент по рабочей поверхности стола на расстояние 100, 150, 200, 250 и 300 мм от 0 точки.

Аналогичным образом производят измерения освещенности рабочей поверхности, устанавливая высоту подвеса светильника на отметках 350, 400, 450 и 500 мм.

Полученные результаты заносят в таблицу 5.

Таблица 5

Исследование распределения освещенности в продольной плоскости

Высота подвеса светильника, мм	Освещенность рабочей поверхности на расстоянии от «0» точки, мм					
	0	100	150	200	250	300
300						
350						
400						
450						
500						

### Задание 3. Исследование освещенности рабочей поверхности в зависимости от угла ее наклона

Светильник располагается на высоте 300 мм от рабочей поверхности стола. Напряжение на ЛАТРе 220 В. Фотоэлемент люксметра устанавливают на рабочей поверхности стола на расстоянии 300 мм от «0» точки. Включают лампу накаливания и измеряют освещенность рабочей поверхности в горизонтальной плоскости.

Проводят измерение освещенности рабочей поверхности изменяя угол наклона фотоэлемента люксметра в вертикальной плоскости от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  через каждые  $15^\circ$ . Угол наклона рабочей плоскости фотоэлемента определяют с помощью транспортира.

Полученные результаты заносят в таблицу 6.

Таблица 6

Результаты исследования освещенности на наклонной плоскости

Угол наклона рабочей поверхности, градус	0	15	30	45	60	75	90
Освещенность, лк							

#### **Задание 4. Оценка соответствия уровня искусственной освещенности рабочих мест персонала инструментального цеха требуемым нормам**

В соответствии с планом проведения инспекторского контроля освещенности рабочих мест в инструментальном цехе произведено измерение показателей освещенности в 16 точках. Размер цеха: длина – 20 м, ширина 12 м. Высота свеса светильников 3,6 м. Уровень освещенности в контролируемых точках: 215 лк – 4 точки; 209 лк – 4 точки, 209 лк – 2 точки и 195 лк – 6 точек. Напряжение на щите распределительной сети в начале измерений 215 в в конце измерений – 227 в. Наименьший размер объектов различения 0,4 мм. Контраст объекта с фоном – средний. Характеристика фона – темный.

Оценить соответствие уровня средней освещенности рабочих мест предъявляемым требованиям. Заполнить протокол (Приложение 2).

#### **Задание 5. Оценка соответствия уровня средней освещенности рабочих мест студентов в учебной аудитории**

Произвести измерения и расчет средней освещенности рабочих (учебных) мест студентов в учебной аудитории. Оценить соответствие средней освещенности рабочих мест предъявляемым требованиям

##### **Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Теоретическую часть, включающую общие сведения об искусственной освещенности рабочих мест, основных светотехнических величинах, методах и приборах, применяемых в этих целях.
4. Результаты исследования горизонтальной освещенности в зависимости от напряжения в электрической сети и высоты подвеса светильника (табл. 3 и 4).
5. Результаты исследования освещенности распределения освещенности в продольной плоскости (табл. 5).
6. Графики зависимости уровня освещенности от исследуемых параметров (задание 2)

7. Результаты исследования освещенности рабочей поверхности в зависимости от угла ее наклона (табл. 6) и график зависимости  $E = f(\alpha)$ .
8. Результаты расчетов соответствия уровня средней освещенности (задания 4 и 5) предъявляемым требованиям
9. Выводы по результатам исследований.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое освещенность поверхности, в чем она измеряется?
2. Основные светотехнические величины.
3. Системы и виды производственного освещения.
4. Влияние параметров световой среды на здоровье и работоспособность человека.
5. В чем преимущества и недостатки газоразрядных ламп по сравнению с лампами накаливания?
6. Почему для газоразрядных ламп установлены более высокие нормы освещенности, чем для ламп накаливания при одном и том же разряде зрительной работы? Почему эти нормы выше для комбинированного освещения по сравнению с общим?
7. Какие правила необходимо соблюдать при измерении освещенности люксметром?

### **Список использованных источников**

1. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Естественное и искусственное освещение СНиП 23-05-95/Минстрой России, М., 1995, 35 с.
2. Производственная санитария и гигиена труда: Учебное пособие для вузов/ Е.В.Глебова — М.: Высшая школа, 2005. - 383 с.
3. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов. Изд. 4-е/Под общей ред. С. В Белова. — М.: Высшая школа, 2004. ~ 606 с.
4. Безопасность и охрана труда: Учебное пособие для вузов/Под ред. О. Н. Русака. - СПб.: МАНЭБ, 2001. - 279 с.
5. Руководство. Физические факторы. Эколого-гигиеническая оценка и контроль. Т. 1, Т. 2 / Измеров Н. Ф., Суворов Г. А., Куралесина Н. А. — М.: Медицина, 1999. — 764 с.
6. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: Лабораторный практикум: Учеб. пособие для студ. высш.

учеб. заведений / Н.Г.Занько, В.М.Ретнев. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 256 с.

7. ГОСТ 24940-96. Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Методы измерения освещенности.

8. ГОСТ 8.014-72 ГСИ. Методы и средства поверки фотоэлектрических люкметров

9. ГОСТ 8.023-90 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучений

10. ГОСТ 8.326-89 ГСИ. Метрологическая аттестация средств измерений

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Требования к освещению помещений промышленных предприятий (СниП 23-05-95)

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					
						Освещенность, лк					
						при системе комбинированного освещения	при системе освещения	общего			
						всего	в том числе от общего				
1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000	400	-			
						3500	400	-			
						б	Малый	Средний	3000	300	750
						Средний	Темный	2500	300	600	



			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	
			г	Средний Большой "	Светлый " Средний	
Высокой точности	От 0,30 до 0,50		а	Малый	Темный	
		Ш				
			б	Малый Средний	Средний Темный	
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	

			г	Средний Большой "	Светлый " Средний	
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	
			б	Малый Средний	Средний Темный	
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	
			г	Средний Большой "	Светлый " Средний	
Малой точности	Св. 1 до 5		а	Малый	Темный	

		V	б	Малый Средний	Средний Темный	
	в		Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный		
	г		Средний Большой "	Светлый " Средний		