

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического
приборостроения

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы

Санкт Петербург
1998

Составители: Б. Ю. Кольцов, Т. А. Пожарова, С. С. Симонов

Рецензенты: кафедра технологии приборостроения
Санкт-Петербургского государственного
университета аэрокосмического приборостроения;
канд. техн. наук доц. А. И. Панферов

Содержатся указания к выполнению лабораторной работы по изучению организации производственного освещения, основных светотехнических характеристик, видов и систем освещения, требований санитарных норм, методов и приборов для исследования светотехнических характеристик.

Предназначены для студентов всех специальностей университета, изучающих курс “Экология и безопасность жизнедеятельности”.

Подготовлены к публикации кафедрой промышленной и экологической безопасности.

© Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического
приборостроения, 1998

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага тип №3. Печать офсетная
Усл.печ.л. 0,93	Уч.-изд.л. 1,0	Тираж 250 экз.
Заказ №		

Редакционно-издательский отдел

Отдел оперативной полиграфии СПбГУАП
190000, С.-Петербург, ул. Б. Морская, 67

Цель работы: ознакомление с основными светотехническими характеристиками, определяющими условия работы в производственных помещениях, с видами и системами производственного освещения, требованиями санитарных норм на производственное освещение, методами и приборами для исследования светотехнических характеристик источников света, светильников и систем освещения.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Освещение в производственных помещениях характеризуется целым рядом количественных и качественных показателей. К количественным показателям относятся длина волны излучения, световой поток, сила света, яркость и освещенность. К качественным показателям зрительных условий работы относятся фон, контраст объекта с фоном, коэффициент пульсации освещенности.

Длина волны λ равна расстоянию, пройденному электромагнитным излучением за время полного периода колебаний. Область электромагнитных излучений, лежащая между областями рентгеновских и радиоизлучений, носит название области оптических излучений. Часть области оптических излучений в пределах волн от 0,38 до 0,76 мкм занята излучениями, которые, воздействуя на глаз, вызывают ощущение света. Максимальная спектральная чувствительность глаза человека имеет место при освещении сетчатки монохроматическим излучением с длиной волны 0,554 мкм.

Световой поток Φ - это лучистый поток, оцениваемый по его действию на селективный приемник - глаз.

Единица светового потока - люмен - принята совершенно условно. Между условной единицей светового потока - люменом и энергетической - ваттом имеется следующее соотношение: 1лм = 0,00161Вт.

Сила света I - пространственная плоскость светового потока, равная отношению светового потока к величине телесного угла ω , в котором равномерно распределено излучение. Единица силы света - кандела.

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} = R^2 E_a, \text{кд}, \quad (1)$$

где R - расстояние от источника до поверхности, м; E - освещенность, лк.

Телесный угол $\omega = S/R^2$, где S - облучаемая поверхность, м².

Освещенность E - плотность светового потока по освещаемой поверхности. Единица измерения освещенности - люкс. Освещенность элемента поверхности может быть определена по формуле

$$E = \frac{d\Phi}{dS} = \frac{I_{\alpha} \cos \beta}{R^2}, \quad \text{лк},$$

где dS - элемент поверхности, освещаемой источником, м^2 ; I_{α} - сила света в направлении элемента поверхности, кд; β - угол между нормалью к элементу поверхности и направлением силы света; R - расстояние между источником и освещаемым элементом поверхности, м.

Для наклонной поверхности освещенность от точечного источника света может быть определена через горизонтальную освещенность по формуле

$$E_n = E_z (\cos \theta \pm \frac{P}{H} \sin \theta) \quad (2)$$

где θ - угол наклона расчетной плоскости по отношению к горизонтальной плоскости. Знак минус при условии, $\theta > \frac{\pi}{2} + \alpha$, где α угол между направлением к расчетной точке А и осью симметрии источника; P - расстояние от источника света до точки А по горизонтали; H - расстояние от источника до точки А по вертикали.

Яркость B - поверхностная плотность силы света в заданном направлении, равная отношению силы света к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную тому же направлению.

Единицей яркости является кд/м².

Коэффициент отражения ρ - отношение отраженного светового потока $\Phi_{\text{отр}}$ к падающему $\Phi_{\text{пад}}$ на поверхность

$$\rho = \frac{\Phi_{\text{отр}}}{\Phi_{\text{пад}}}.$$

Различные предметы видны потому, что световой поток, отраженный ими, частично воспринимается глазом. Величина ρ в зависимости от цвета поверхности колеблется в пределах от 0,2 до 0,85.

Объект различения - рассматриваемый предмет, отдельная его часть или различимый дефект (например, точка, линия, знак, пятно, трещина, риска, раковина, выводы

микросхем и других радиодеталей, а также другие элементы или дефекты изделия, которые требуется различать в процессе работы).

Фон - поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается светлым при $\rho > 0,4$, средним при $\rho = 0,2 - 0,4$ и темным - при значениях ρ , меньших 0,2.

Контраст объекта различения с фоном K , характеризуемый соотношением яркостей рассматриваемого объекта и фона, определяется по формуле

$$K = \frac{|B_o - B_\phi|}{B_\phi},$$

где B_o и B_ϕ - соответственно яркости объекта и фона, контраст объекта различения с фоном считается большим при $K > 0,5$, средним при $K = 0,2 - 0,5$ и малым при $K < 0,2$ (объект и фон мало отличаются по яркости).

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. Коэффициент пульсации освещенности (в %) определяется по формуле

$$K_n = \frac{E_{max} - E_{min}}{2E_{cp}} 100,$$

где E_{max} , E_{min} , E_{cp} - соответственно максимальное, минимальное и среднее значение освещенности за период ее колебаний, лк.

В производственных помещениях применяют три вида освещения: естественное, искусственное, совмещенное.

Естественное освещение имеет большое гигиеническое и психологическое значение для человека. Естественный свет в производственных помещениях создает у работников ощущение непосредственной связи с окружающей природой, повышает обмен веществ, способствует лучшему развитию организма.

В действующих нормах на освещение (СНиП 23-05-95) определено, что помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение. Без естественного освещения допускается проектировать помещения, которые определены нормативными документами по строительству зданий и сооружений отдельных отраслей промышленности, утвержденными в установленном порядке, а также помещения, размещение которых разрешено в подвальных и цокольных этажах зданий и сооружений.

Естественное освещение помещения оценивают по величине коэффициента естественной освещенности (КЕО), равного отношению естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственно или после отражений) E_e к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода, E_n

$$e = \frac{E_e}{E_n} 100 \quad (3)$$

Для освещения помещений естественным светом в стенах или перекрытиях здания предусматриваются световые проемы, через которые световой поток проникает внутрь помещения. В зависимости от типа применяемых световых проемов естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее, верхнее и боковое (комбинированное).

Нормируемая величина КЕО, в соответствии с нормами СНиП 23-05-95, зависит от характера зрительной работы, наименьшего размера объекта различения и типа световых проемов. Значения КЕО, регламентируемые нормами, приведены в справочных данных к лабораторной работе.

Совмещенное освещение - освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Согласно действующим нормам при применении совмещенного освещения нормируются как величина КЕО, так и освещенность, создаваемая одновременно искусственным освещением.

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых недостаточно естественного света, или для освещения помещений в те часы суток, когда естественный свет отсутствует. Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное. Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное.

В действующих нормах 23-05-95 в качестве нормируемого показателя искусственного освещения определена освещенность.

Величина нормированной освещенности устанавливается в зависимости от типа применяемого источника света, системы освещения, точности зрительной работы, наименьшего размера объекта различения, характеристики фона и контраста объекта различения с фоном. Нормы освещенности производственных помещений (СНиП

23-05-95) в зависимости от размера объекта различения разделены на восемь разрядов. Разряды от I до V разбиты на четыре подразряда в зависимости от контраста объекта различения с фоном и характеристики фона.

Источники искусственного света по принципу преобразования электрической энергии в энергию видимых излучений, т.е. в световую, делятся на две основные группы: тепловые и разрядные. К тепловым источникам относятся лампы накаливания, в том числе галогенные, а к разрядным - лампы люминесцентные (высокого и низкого давления), натриевые, ксеноновые. При сравнении источников света, используемых в производственных зданиях, наиболее важное значение имеют следующие показатели:

1. Световая отдача, т.е. излучаемый световой поток на единицу потребляемой мощности, лм/Вт.
2. Срок службы лампы, ч.
3. Единичная мощность лампы, Вт.
4. Цветность (спектральный состав) излучения.

Кроме указанных показателей имеют значение способность ламп быстро загораться после погасания вследствие отключения питания, уменьшение светового потока к концу срока службы, влияние на световые характеристики уровня и колебаний напряжений, влияние температуры на работу ламп, стоимость ламп и другие.

Несмотря на усовершенствование ламп накаливания, до настоящего времени не удалось устранить целый ряд присущих им недостатков. К их числу относятся низкая световая отдача (7 - 22 лм/Вт), небольшой срок службы (1 - 2,5 тыс. час), сильное влияние напряжения питания на срок службы и световой поток. Только 1 - 3% потребляемой лампами накаливания электрической энергии превращается в энергию видимых излучений.

Разрядные лампы имеют больший срок службы (до 10 тыс. часов). Световая отдача разрядных ламп также значительно выше, чем у ламп накаливания и составляет 50 - 120 лм/Вт. Однако разрядные лампы чувствительны к снижению напряжения питания, а разрядные лампы низкого давления, кроме того, чувствительны и к уменьшению температуры воздуха ниже +10° С.

Безынерционность излучения газоразрядных ламп может привести к пульсации светового потока и появлению так называемого стробоскопического эффекта, заключающегося в искажении зрительного восприятия вращающихся или сменяющихся объектов в мелькающем свете, возникающем при совпадении или кратности частотных характеристик объекта и источника.

В действующих нормах указано, что для освещения производственных и складских помещений, следует использовать, как правило, наиболее экономичные разрядные лампы низкого и высокого давления (люминесцентные ЛБ, ЛДЦ, ЛБЦТ, дуговые ртутные ДРЛ, металлогалогенные МГЛ, натриевые высокого давления НЛВД). В случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности применения разрядных источников света допускается использование ламп накаливания. Для местного освещения кроме разрядных источников следует использовать лампы накаливания, в том числе галогенные лампы МГЛ. Применение ксеноновых ламп внутри помещения не допускается. Сравнительная характеристика источников света приведена в справочных данных к лабораторной работе.

Существующие источники искусственного освещения существенно отличаются по спектральному составу излучения. Характеристикой распределения излучения по спектру является спектральная плотность лучистого потока

$$\varphi(\lambda) = \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d(\lambda)}.$$

Спектральную плотность лучистого потока источника $\varphi(\lambda)$ можно определить по формуле

$$\varphi(\lambda) = \frac{U_\phi(\lambda)}{g_o(\lambda)} \quad (4)$$

Величину U_ϕ можно измерить фотоприемником, установленным за монохроматором, который выделяет только ту часть излучения источника, которая приходится на определенную длину волны. Функция $g_o(\lambda)$ при выполнении лабораторной работы задается в исходных данных.

На приборостроительных предприятиях для искусственного освещения используют различные светильники, представляющие собой комбинацию источника света с осветительной арматурой. Осветительная арматура предназначена для перераспределения и направления светового потока в необходимом направлении для защиты глаз от чрезмерной яркости источника света, предохранения источника от механических повреждений и загрязнения, а также для крепления источника и подведения к нему электрического тока.

Основными светотехническими характеристиками светильника являются: коэффициент полезного действия, защитный угол, светораспределение и кривая силы света.

Кривая силы света показывает распределение силы света от источника в пространстве. Распределение силы света обычно представляют в виде таблиц или графиков (рис.1), на которых кривые изменения силы света представлены в полярной системе координат.

Распределение силы света светильников возможно определить экспериментальным путем (рис.2). Если величина телесного угла ω сохраняется постоянной, то в соответствии с формулой (1) сила света будет пропорциональна величине светового потока dF , которую можно измерить фотоприемником.

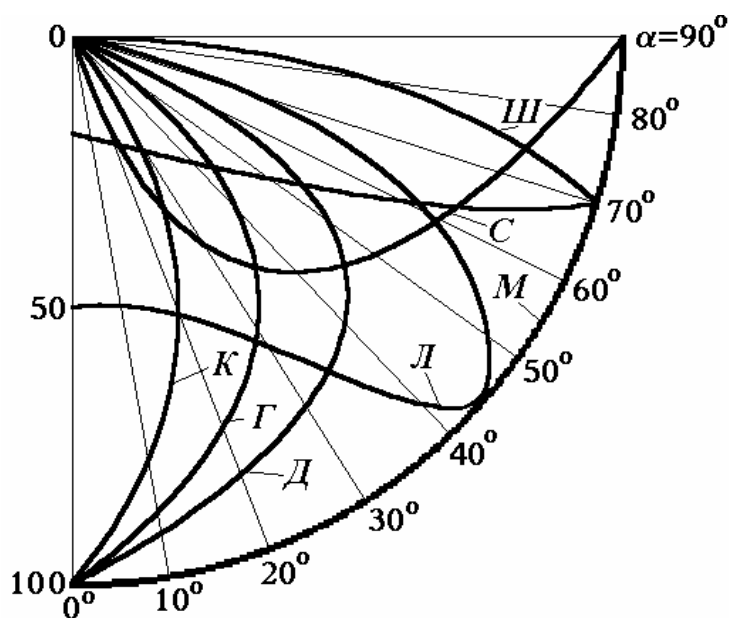


Рис. 1. Типовые кривые силы света светильников: *K* - концентрированная; *Г* - глубокая; *Д* - косинусная; *Л* - полуширокая; *М* - равномерная; *Ш* - широкая; *С* - синусная

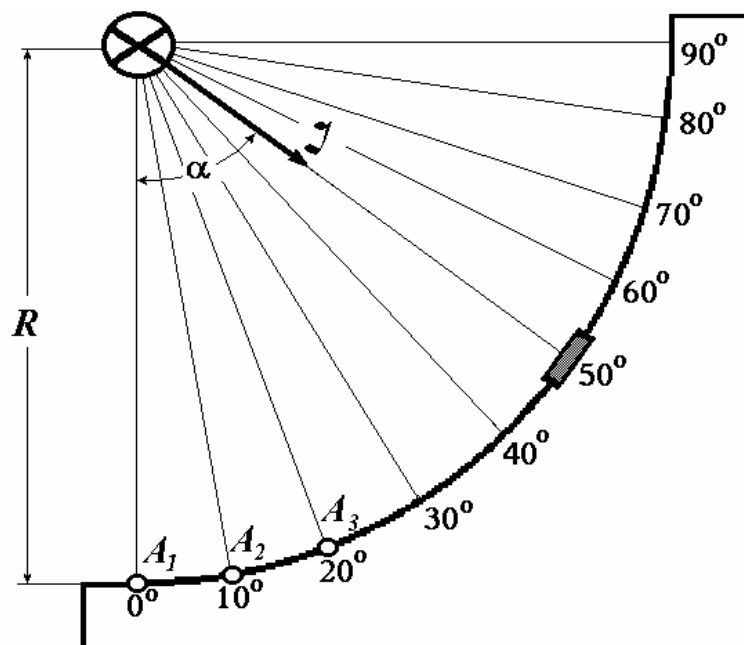


Рис. 2. Схема измерения распределения силы света

В практике проектирования осветительных установок промышленных предприятий используются две системы освещения: система общего и система комбинированного освещения.

Система общего освещения предназначена не только для освещения рабочих поверхностей, но и всего помещения в целом, а поэтому светильники общего освещения обычно размещаются под потолком помещения на достаточно большом расстоянии от рабочих поверхностей.

Система комбинированного освещения включает в себя как светильники, расположенные непосредственно у рабочего места и предназначенные для освещения только лишь рабочей поверхности (местное освещение), так и светильники общего освещения, предназначенные для выравнивания распределения яркости в поле зрения и создания необходимой освещенности по проходам помещения. Система комбинированного освещения обычно характеризуется повышенными первоначальными затратами на оборудование по сравнению с системой общего освещения. Так как установленная мощность источников света в системе комбинированного освещения обычно значительно меньше мощности источников при одном общем освещении, в особенности при высоких значениях нормированной освещенности, то расход электроэнергии в условиях системы комбинированного освещения меньше, чем в условиях системы общего освещения.

2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Для экспериментального исследования естественной и искусственной освещенности на рабочей поверхности в зависимости от различных факторов применяется специальная установка. Установка включает в себя исследуемый светильник с лампой накаливания, светильник с люминесцентными лампами, измерительный блок люксметра, селеновый фотоэлемент люксметра, штатив для крепления фотоэлемента, угломер для установки и закрепления фотоэлемента под заданным углом относительно исследуемого светильника, регулирующую рабочую поверхность, которая может быть установлена под нужным углом наклона θ , горизонтальную рабочую поверхность.

Люксметр Ю 116 предназначен для измерения освещенности, создаваемой естественным светом и искусственными источниками света. Шкалы прибора неравномерные, градуированы в люксах: одна шкала имеет 100 делений, вторая - 30 делений. Отметка "5" шкалы 0 - 30 и отметка "20" шкалы 0 - 100, соответствующие начальным значениям диапазонов измерений, отмечены точкой. На боковой стенке корпуса измерительного блока расположена вилка для присоединения селенового фотоэлемента. Для уменьшения косинусной погрешности применяется насадка на фотоэлемент, состоящая из полусферы, выполненной из белой светорассеивающей пластмассы. Насадка обозначается буквой К. Эта насадка применяется не самостоятельно, а совместно с одной из трех других насадок, имеющих обозначение М, Р, Т. Эти три насадки совместно с насадкой К образуют три поглотителя с общим номинальным коэффициентом ослабления 10, 100, 1000, соответственно, и применяются для расширения диапазона измерений.

Монохроматор предназначен для разложения светового потока, создаваемого исследуемым источником света, на отдельные длины волн. Требуемая длина волны устанавливается в соответствии с градуировочной кривой при помощи микрометрического барабана. Диапазон устанавливаемых длин волн 0,36 - 0,8 мкм.

Блок питания БВ-2-2 предназначен для питания фотоэлектронного умножителя и представляет собой стабилизатор последовательного типа с управлением по выходу. На переднюю панель блока выведены выключатель напряжения сети, переключатель для включения высокого напряжения на выходе и рукоятки, с помощью которых устанавливается требуемое напряжение на выходе.

Фотоэлектронный умножитель служит для измерения светового излучения. Он представляет собой фотоэлектронный прибор, преобразующий световое излучение в

электрический сигнал за счет явления внешнего фотоэлектрического эффекта и вторичной электронной эмиссии.

На выход фотоэлектронного умножителя включается вольтметр.

Вольтметр В7-27 предназначен для измерения постоянного и переменного напряжений, сопротивления, постоянного тока, температуры; может использоваться в качестве измерителя напряжения на выходе ФЭУ. На лицевой панели размещены выключатель сети питания, переключатель пределов и видов измерения, цифровой индикатор, клеммы для подключения входного сигнала.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Исследование естественной освещенности в зависимости от расстояния до светового проема в наружной стене здания

Для исключения влияния на КЕО изменения во времени наружной освещенности исследования целесообразно проводить с помощью двух люксметров. Один люксметр устанавливается снаружи здания для измерения E_n , а другой - внутри помещения для измерения $E_{вн}$.

При наличии одного люксметра измерение освещенности следует проводить в следующей последовательности:

1. Выключить искусственное освещение в помещении.
2. Установить люксметр снаружи здания и измерить освещенность, создаваемую небосводом (E_n).
3. Измерить освещенность внутри помещения ($E_{вн}$) в нескольких точках. Расстояние R от светового проема до контрольных точек заданы в варианте, указанном преподавателем.
4. Используя формулу (3), подсчитать КЕО для каждой точки.
5. Результаты измерений, нормы и расчеты внести в табл. 1.
6. По полученным результатам построить график зависимости $e = f(R)$

Таблица 1

Результаты исследования естественной освещенности

Параметр	Результаты измерений и расчетов					Нормы на освещение при боковом освещении КЕО, %	
						естествен.	совмещ.
Расстояние от светового проема, м							
$E_{вн}$							
E_n							
e , %							
КЕО на расстоянии 1 м от стены, %							

Исследование горизонтальной освещенности на рабочей

поверхности в зависимости от системы освещения

Исследование проводится для люминесцентных источников света. Вначале измеряется освещенность на рабочем месте, создаваемая только светильниками общего освещения. Затем измеряют освещенность при системе комбинированного освещения.

Измерения следует проводить в следующей последовательности:

1. Включить в лаборатории общее освещение (1 или 2 ряда светильников) и измерить с помощью люксметра освещенность на рабочей поверхности при системе общего освещения. Фотоэлемент люксметра должен находиться в центре рабочего стола.
2. Включить дополнительно (по варианту) 1, 2, 3, или 4 люминесцентные лампы местного освещения и измерить освещенность при системе комбинированного освещения.
3. Значение освещенности от источников местного освещения определить как разность $E_m = E_{комб} - E_{общ}$.
4. Полученные значения E_m , $E_{комб}$, $E_{общ}$ и нормы на освещение, заданные в варианте, внести в табл.2.

Таблица 2

Результаты исследования систем освещения

Система	Значение освещенности при люминесцентных лампах, лк	Нормы на освещение, лк		
		общее	местное	комбинир.
Общая				
Комбинированная				

Исследование освещенности в зависимости от цвета
отражающей поверхности и типа источника света

Измерения проводятся в следующем порядке:

1. Установить на горизонтальную плоскость отражающую рабочую поверхность белого цвета.
2. Закрепить фотоэлемент люксметра на кронштейне штатива так, чтобы его чувствительный слой был направлен на белую поверхность.
3. Меняя количество включенных люминесцентных ламп, установленных в светильнике типа ОД, и высоту установки фотоэлемента, добиться требуемого по варианту значения $E_{отр}$ от белой поверхности.
4. Установить последовательно на горизонтальную плоскость отражающие поверхности красного, желтого, зеленого, голубого, синего и черного цвета. Измерить отраженную освещенность от указанных поверхностей и внести значения $E_{отр}$ в табл.3.
5. Выключить люминесцентные лампы и включить лампу накаливания, установленную в светильнике типа "Универсаль".
6. Меняя высоту фотоэлемента, добиться требуемого значения $E_{отр}$ от белой поверхности.
7. Повторить пункт 4 для лампы накаливания. Полученные значения $E_{отр}$ от разных поверхностей внести в табл.3.

Таблица 3

Результаты исследования отраженной освещенности

Тип светильника	Цвет отражающей поверхности							
	Значение $E_{отр}$, лк							
	Б	К	О	Ж	З	Г	С	Ч
ОД								
Универсаль								

Исследование освещенности рабочей поверхности
в зависимости от угла ее наклона

Порядок проведения измерений:

1. Установить под светильником типа "Универсаль" регулируемую рабочую поверхность.
2. Закрепить фотоэлемент люксметра на регулируемой рабочей поверхности.
3. Включить лампу накаливания и, меняя последовательно через 10° угол наклона рабочей поверхности θ в диапазоне от 0 до 90° , измерить освещенность на наклонной плоскости для каждого значения угла наклона. Полученные значения освещенности внести табл. 4.
4. Используя формулу (2), рассчитать освещенность для указанных выше углов θ . E_z берется из табл. 4 при угле наклона поверхности, равном нулю.

Таблица 4

Результаты исследования освещенности на наклонной плоскости
и силы света для светильника типа "Универсаль"

Исследуемый параметр	Тип светильника и мощность лампы "Универсаль", P=150 Вт										
	Угол наклона θ		0	10	20	30	40	50	60	70	80 90
Освещенность на наклонной поверхн. (P=0,6 м, H=0,7 м)	Эксперимент	E_n									
	Расчет	лк									
Сила света (R= 0,6 м)	Угол наклона фотоэлемента, α		0	10	20	30	40	50	60	70	80 90
	E_α , лк										
	$I_{рассч}$, кД										

Исследование распределения силы света в продольной плоскости

Порядок проведения измерений:

1. Установить под светильником угломер (рис.2).
2. Установить и закрепить на подвижной каретке угломера фотоэлемент люксметра.
3. Включить лампу накаливания и произвести измерение освещенности для каждого значения угла α .

4. Используя формулу (1), подсчитать силу света для каждого значения угла α .
5. Значения измерений и расчетов внести в табл.4.

Исследование спектральной характеристики
источника света

Исследования проводятся в следующей последовательности:

1. Установить на оптическую скамью установки исследуемые источники света (лампу накаливания и люминесцентную лампу).
2. Установить микрометрическим винтом длину волны монохроматора, равную 0,65 мкм, что соответствует 24,4 делениям микрометрического барабана.
3. Включить в сеть исследуемый источник света, вольтметр и источник питания.
4. Меняя значение длины волны согласно данным табл. 5, снять показания вольтметра и занести их в соответствующую графу табл. 5.
5. Определить спектральную плотность лучистого потока источника $\varphi(\lambda)$ по формуле (4) в относительных единицах.
6. Полученные результаты расчетов свести в табл. 5.
7. По полученным данным построить график зависимости $\varphi(\lambda)$ от длины волны λ

Таблица 5

Заданные и измеряемые параметры	Спектральные характеристики источников света						
	0,65	0,62	0,60	0,56	0,50	0,48	0,45
Длина волны, мкм							
Деление на барабане монохроматора	24,4	23	22,34	21	17,35	16	14
$g_0(\lambda)$	0,4	0,6	0,7	0,9	1,0	0,95	0,9
лампа накаливания							
$U, В$							
$\varphi(\lambda)$							
лампа люминесцентная							
$U, В$							
$\varphi(\lambda)$							

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

1. Исходные данные по варианту, заданному преподавателем.
2. Расчетные формулы.
3. Результаты исследования естественного освещения (табл. 1) и график зависимости $e = f(R)$.
4. Результаты исследования горизонтальной освещенности в зависимости от системы освещения (табл. 2).
5. Результаты исследования освещенности в зависимости от цвета отражающей поверхности и типа источника света (табл. 3).
6. Результаты исследования освещенности рабочей поверхности в зависимости от угла ее наклона (табл. 4) и график зависимости $E = f(\theta)$ (в декартовых координатах).
7. Результаты исследования распределения силы света (табл. 4) и график зависимости $I = f(\alpha)$ (в полярных координатах).
8. Результаты исследования спектральной характеристики (табл. 5) и график зависимости $\rho(\lambda)$ от длины волны излучения.
9. Выводы по результатам исследований и рекомендации по улучшению условий зрительной работы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Охрана труда в машиностроении /Под ред. Е.Н.Юдина. М.: Машиностроение, 1983, 432 с.
2. Павлов С.П., Губонина Э.И. Охрана труда в приборостроении. М.: Высш.шк., 1986. 215 с.
3. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Естественное и искусственное освещение СНиП 23-05-95/Минстрой России, М., 1995, 35 с.

Приложение

Значения нормируемых параметров при искусственном,
естественном и совмещенном освещении (по СНиП 23-05-95)

Хар-ка зрительной работы	Наи- меньший размер объекта различ., мм	Разряд зрит. работы	Под- разряд зрит. рабо- ты	Искусственное освещение						Естество свещ.	Совмещ освещ.
				Освещенность, лк						КЕО, %	
				Разрядные лампы			Лампы накаливания				
				Комб. система		Общ систе ма	Комб. система		Общ систе ма	При боков. освещ.	При боков. освещ
				Все- го	В т.ч. общее осв.		Все- го	В т.ч. общее осв.			
Наивысш. точности	Менее 0,15	I	а	5000	500	-	4500	150	-	-	2,0
			б	4000	400	1250	3500	150	1000		
			и	2500	300	750	200	150	600		
			г	1500	200	400	1250	125	300		
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	II	а	4000	400	-	3500	150	-	-	1,5
			б	3000	300	750	2500	150	600		
			в	2000	200	500	1500	150	400		
			г	1000	200	300	750	75	200		
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	а	2000	200	500	1500	150	400	-	1,2
			б	1000	200	300	750	75	200		
			в	750	200	300	600	75	200		
			г	400	200	200	400	75	150		
Средней точности	От 0,5 до 1,0	IV	а	750	200	300	600	75	200	1,5	0,9
			б	500	200	200	500	75	150		
			в	400	200	200	400	75	150		
			г	-	-	200	-	-	150		
Малой точности	От 1,0 до 5,0	V	а	400	200	300	300	75	200	1,0	0,6
			б	-	-	200	-	-	150		
			в	-	-	200	-	-	150		
			г	-	-	200	-	-	150		
Грубая (очень малой точности)	Более 5,0	VI		-		200	-		200	1,0	0,6

Примечания:

1. В таблице не указаны данные, характеризующие фон, контраст объекта с фоном и разряды зрительной работы VII и VIII.
2. КЕО даны только для бокового освещения
3. К разрядным лампам относятся люминесцентные лампы низкого давления и лампы высокого давления типа ДРЛ и ДРИ.