

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Курганский государственный университет

Кафедра «Экология и безопасность жизнедеятельности»

Искусственное освещение

Методические указания к выполнению

лабораторной работы для студентов специальностей

010101, 010701, 020101, 020201, 020401, 020801, 030301, 030501, 030601,
031001, 032001, 032101, 032102, 040101, 040104, 040201, 050203, 050301,
050501, 050502, 050711, 050714, 050715, 080105, 080109, 080111, 080115,
080301, 080502, 080504, 080507, 090103, 090105, 140211, 150202, 151001,
151002, 190201, 190202, 190601, 190603, 190702, 200503, 220301, 220601,
230105, 260601, 280101

Курган 2011

Кафедра: «Экология и безопасность жизнедеятельности»

Дисциплины: «Безопасность жизнедеятельности», «Безопасность труда» (специальности 010101, 010701, 020101, 020201, 020401, 020801, 030301, 030501, 030601, 031001, 032001, 032101, 032102, 040101, 040104, 040201, 050203, 050301, 050501, 050502, 050711, 050714, 050715, 080105, 080109, 080111, 080115, 080301, 080502, 080504, 080507, 090103, 090105, 140211, 150202, 151001, 151002, 190201, 190202, 190601, 190603, 190702, 200503, 220301, 220601, 230105, 260601, 280101).

Составили: канд. техн. наук, доцент С.К. Белякин;
 канд. с.-х. наук, доцент М.Н. Коновалов.

Работа выполнена при равном участии авторов.

Утверждены на заседании кафедры « 23 » сентября 2010 г.

Рекомендованы методическим советом университета « 27 » декабря 2010 г.

Введение

Освещение рабочего места – один из важнейших факторов создания безопасных условий труда. Нормальная деятельность человека во многом зависит от рационального освещения. Искусственное освещение применяется в тех случаях, когда естественный свет недостаточен, или когда он отсутствует.

Правильно выполненное освещение снижает утомляемость, способствует повышению работоспособности человека и качества выпускаемой продукции, повышает безопасность труда, снижает потенциальную возможность травмирования на производстве.

Различают следующие опасные и вредные факторы, связанные с неудовлетворительным освещением:

- отсутствие или недостаток естественного света;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенная яркость света;
- пониженная контрастность;
- прямая и отраженная блескости;
- повышенная пульсация светового потока.

Длительное воздействие указанных факторов может привести к ухудшению зрения [1].

Цель работы. Ознакомиться с принципами нормирования искусственного освещения, измерительными приборами и методами определения качества искусственного освещения на рабочих местах.

1 Теоретическая часть

1.1 Виды искусственного освещения

Освещение подразделяется на следующие разновидности:

- естественное – освещение от естественных источников света (прямым или рассеянным);
- искусственное – освещение электрическими источниками света;
- совмещенное – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Классификация видов производственного освещения представлена на рисунке 1. Искусственное освещение применяется в темное время суток, а также и в светлое время, когда для создания нормальных условий по освещенности естественное освещение недопустимо, недостаточно или невозможно [3].

По конструктивному исполнению различают две системы искусственного освещения [4]:

- общее (равномерное или локализованное);
- комбинированное, когда к общему освещению добавляется местное, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочем месте.

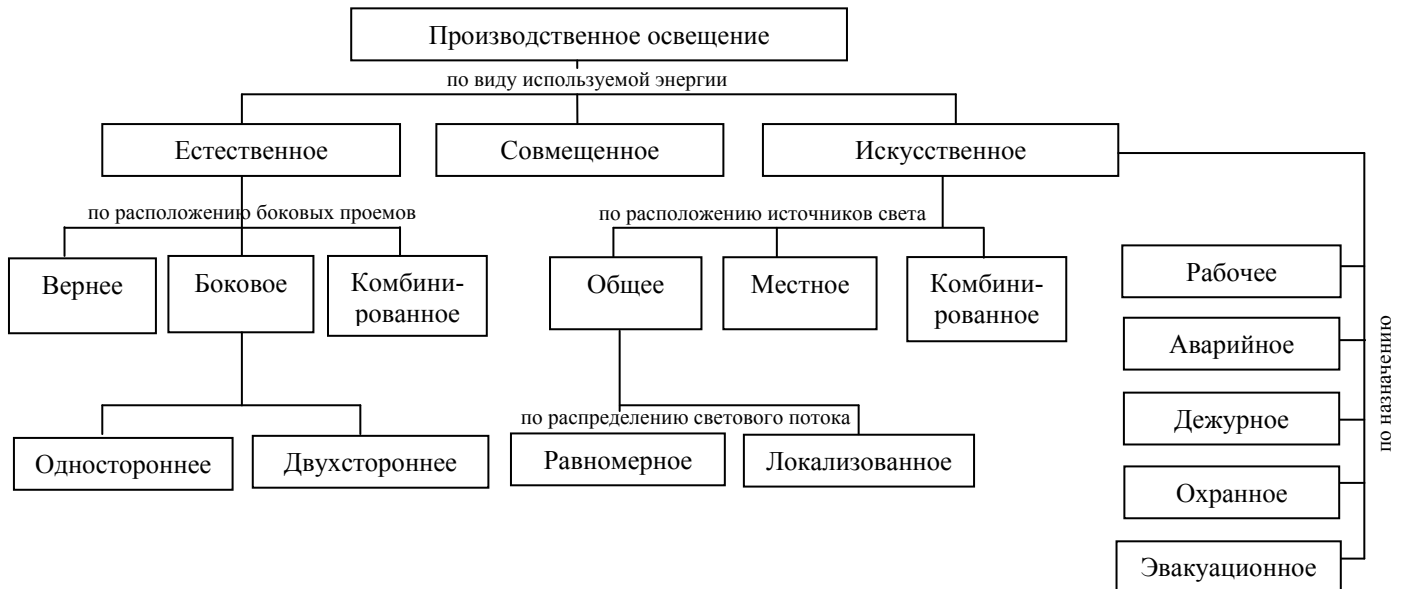


Рисунок 1 – Виды производственного освещения

Общее равномерное освещение обеспечивает равномерное распределение светового потока без учета расположения оборудования, а **общее локализованное** (неравномерное) – с учетом расположения рабочих мест (например, вдоль конвейера).

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на следующие виды:

- **рабочее**, предназначенное для обеспечения нормальных зрительных условий при выполнении работ, прохода людей и движения транспорта;
- **аварийное**, предназначенное для продолжения работ, когда при отключении рабочего освещения недопустимо прекращение работ (например, на электростанциях, диспетчерских пунктах, насосных установках водоснабжения и т. п.). Светильники аварийного освещения подключаются к независимому источнику питания и обеспечивают на рабочих поверхностях не менее 5% минимальной освещенности;
- **эвакуационное** – освещение при эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения. Предусматривается в местах, опасных для прохода людей, на лестничных маршах, вдоль основных проходов производственных помещений. Эвакуационное освещение должно создавать освещенность не менее 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк снаружи. Светильники подключаются к сети, не зависящей от рабочего освещения;
- **дежурное освещение** – освещение помещений, а **охранное** – освещение охраняемых площадок предприятия в нерабочее время, совпадающее с темным временем суток. Для них выделяют часть светильников рабочего или аварийного освещения, обеспечивающих минимальную освещенность для несения охраны и дежурств.

1.2 Основные светотехнические характеристики и понятия

Производственное освещение характеризуется количественными и качественными показателями (таблица 1) [2].

Таблица 1 – Показатели освещения

Наименование	Обозначение, определяющая формула, размерность	Определение
<i>Количественные</i>		
Световой поток	Φ , люмен (лм)	Мощность световой (лучистой) энергии, оцениваемой по световому ощущению, которое воспринимает человеческий глаз
Сила света	$I = \frac{\Phi}{\omega}$, кандела (кД); $1 \text{ кД} = \frac{1 \text{ лм}}{1 \text{ ср}}$	Пространственная плотность светового потока в заданном направлении, т.е. световой поток, отнесенный к телесному углу, в котором излучается
Освещенность	$E = \frac{\Phi}{S}$, люкс (лк); $1 \text{ лк} = \frac{1 \text{ лм}}{1 \text{ м}^2}$	Плотность светового потока на освещаемой им поверхности, т.е. отношение светового потока к площади освещаемой поверхности при условии его равномерного распределения по поверхности, когда свет источника падает на нее перпендикулярно
Яркость	$B = \frac{I}{S \cos \alpha}$, $\frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$	Световая величина, непосредственно воспринимаемая глазом, отношение силы света в данном направлении к площади проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную к данному направлению
Коэффициент отражения	$\rho = \frac{\Phi_{\text{отр}}}{\Phi_{\text{пад}}}$	Способность поверхности отражать падающий на нее световой поток, т.е. отношение отраженного светового потока к падающему. Значение ρ приведены в таблице 4 (приложение 1)
<i>Качественные</i>		
Фон	–	Поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. В зависимости от коэффициента отражения ρ различают светлый ($\rho > 0,4$), средний ($\rho = 0,2 \dots 0,4$) и темный ($\rho < 0,2$) фоны

Наименование	Обозначение, определяющая формула, размерность	Определение
Контраст объекта различения с фоном	$K = \frac{B_{\phi} - B_0}{B_{\phi}}$	Отношение абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона. Считается: <ul style="list-style-type: none"> • большим при $K > 0,5$; • средним при $K = 0,2$; • малым при $K < 0,2$
Показатель ослепленности, %	$P = \left(\frac{\nu_1}{\nu_2} - 1 \right) \cdot 100$	Критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой, зависящей от соотношения видимостей объекта наблюдения: ν_1 – при экранировании и ν_2 – при наличии блестящих источников света. (При наличии блестящих источников света повышенная яркость снижает зрительные функции глаза, которые связаны с вуалирующей пеленой на ее сетчатке)
Показатель дискомфорта	$M = \frac{B_0 \omega^{0,5}}{\varphi_B B_{ад}^{0,5}}$	Критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения, зависящий от яркости блестящего источника B_0 , кд/м ² , углового размера блестящего источника ω , ср, индекса позиции блестящего источника относительно линии зрения φ_0 и яркости адаптации $B_{ад}$, кл/м ²
Коэффициент пульсации освещенности, %	$K_{\Pi} = \frac{E_{max} - E_{min}}{2E_{ср}} \cdot 100$	Критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током

Количественные показатели характеризуются основными светотехническими величинами, к которым относятся световой поток, сила света, освещенность и яркость.

Качественными показателями, определяющими условия зрительной работы, являются: фон, контраст объекта различения с фоном, показатель ослепленности, коэффициент пульсации освещенности, показатель дискомфорта.

1.3 Нормирование искусственного освещения

Нормирование искусственного освещения осуществляется в соответствии со СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение», в котором установлены нормы естественного, искусственного и совмещенного освещения зданий и сооружений, селитебных зон, площадок предприятий и мест производства работ вне зданий (таблица 2). Нормируемыми параметрами являются как количественная (величина минимальной освещенности), так и качественные характеристики (показатели ослепленности и дискомфорта, коэффициент пульсации освещенности).

Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий приведены в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-2003.

Принято раздельное нормирование освещенности в зависимости от системы искусственного освещения по конструктивному исполнению (комбинированное или общее).

Величина минимальной освещенности устанавливается по характеристике зрительной работы, которую определяют наименьшим размером объектов различения.

Объект различения – рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые требуется различить в процессе работы: нить ткани, точка, риска, линия чертежа, и т.д.

Таблица 2 – Нормы проектирования искусственного освещения (фрагмент СНиПа 23-05-95)

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд	Под-разряд	Контраст объект различения с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение	
		зрительной работы				Освещенность E , лк	
						комбинированное	общее
Высокой (средней) точности	Св. 0,3 до 0,5 (св. 0,5 до 1,0)	III (IV)	а	Малый	Темный	2000 (750)	500 (300)
				Малый	Средний	1000 (500)	300 (200)
			б	Средний	Темный	750	300
				Средний	Средний	750	300
				Большой	Темный	(400)	(200)
			в	Средний	Светлый	400	200
				Большой	Светлый	400	200
				Большой	Средний	–	200

При освещении производственных помещений газоразрядными лампами, питаемыми переменным током промышленной частоты 50 Гц, ограничивается глубина пульсации освещенности. **Допустимые коэффициенты пульсации** в зависимости от системы освещения и характера выполняемой работы не должны превышать 5-20%.

Для ограничения слепящего действия светильников общего освещения в производственных помещениях показатель ослепленности не должен превышать 20-80 единиц в зависимости от продолжительности и разряда зрительной работы.

Наличие объектов повышенной яркости в поле зрения может вызвать неприятные ощущения зрительного дискомфорта, который является начальной стадией ослепленности. Показатель дискомфорта не должен превышать 15-50 единиц и зависит от типа светильника, соотношения размеров помещения, коэффициентов отражений его потолка и стен.

1.4 Основные требования к производственному освещению

1 Освещенность на рабочем месте должна соответствовать гигиеническим нормативам.

2 Рациональное направление световых потоков.

3 Яркость на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства должна распределяться по возможности равномерно.

4 Ограничение прямой и отраженной блескости.

5 Освещение должно обеспечивать необходимый спектральный состав света для правильной цветопередачи.

Кроме того, к искусственному освещению применяется ряд дополнительных требований:

- постоянство освещенности во времени;
- надежность, бесперебойность и длительность работы светильников в данных условиях среды;
- пожарная и электрическая безопасность осветительных устройств;
- удобство управления осветительной установкой;
- экономичность сооружения и эксплуатации установки.

При выполнении работ в помещениях рекомендуется применять систему комбинированного освещения. Допускается применение локализованного общего освещения рабочих зон.

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

1.5 Источники света

Различают два вида источников света: естественные и искусственные.

Цветовое ощущение возникает в результате воздействия на глаза монохроматического светового потока и зависит от длины волны излучения. Оптическая часть спектра электромагнитных волн (рисунок 2), состоящая из ультрафиолетовых, видимых и инфракрасных излучений имеет диапазон длин волн от 380 до 770 нанометров (нм). При естественном освещении наибольшей чувствительностью глаза обладают в области желтого излучения с длиной волны 555 нм (10^{-9} м), ночью (или в сумерках), максимум соответствует примерно 500 нм (зелено-голубой свет).

Искусственным источником света (источником оптического излучения) называют устройство, предназначенное для превращения какого-либо вида энергии в оптическое излучение (электромагнитное излучение с длинами волн от 1 до 10^6 нм, 1 нанометр (нм) = $1 \cdot 10^{-9}$ м).

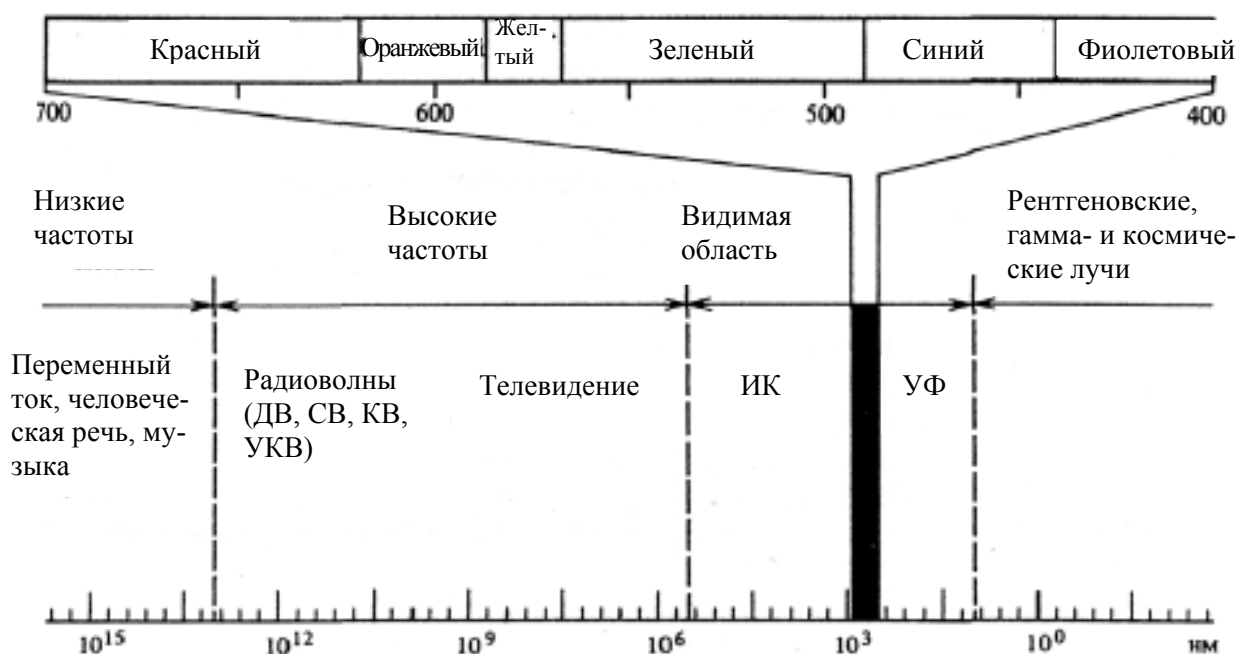


Рисунок 2 – Спектр электромагнитных излучений. Видимая часть спектра растянута

Оптическая область спектра делится на ультрафиолетовую, видимую и инфракрасную. *Видимое излучение (свет)* – излучение, которое, попадая на сетчатую оболочку глаза, может вызвать зрительное ощущение. Оно имеет длины волн в пределах 380-780 нм.

Для искусственного освещения производственных помещений и территорий предприятий используются электрические источники света, которые делятся на две группы [5]:

- лампы накаливания;
- газоразрядные лампы низкого и высокого давления.

Основными характеристиками ламп являются: номинальное напряжение питающей сети U (В), электрическая мощность W (Вт), световой поток Φ (лм),

световая отдача (отношение светового потока лампы к ее мощности) Φ/W , (лм/Вт), срок службы t (час).

Лампы накаливания (ЛН) появились в начале XX века, и имеют широкое распространение и по настоящее время благодаря своим достоинствам:

- относительно низкая стоимость;
- простота в изготовлении;
- удобство и надежность в обслуживании (не требуют включения в сеть дополнительных пусковых устройств, имеют незначительный период разгорания, компактны, практически не зависят от условий окружающей среды, световой поток к концу срока службы снижается незначительно).

Однако они имеют и существенные недостатки:

- низкая световая отдача (7-20 лм/Вт), а следовательно, неэкономичность эксплуатации;
- небольшой срок службы (до 2,5 тыс. ч);
- неблагоприятный спектральный состав (преобладание желтого и красного частей спектра при недостатке в синей и фиолетовой его частях по сравнению с естественным светом);
- нерациональное распределение светового потока для большинства ламп, что требует применения осветительной арматуры (светильников).

В системах производственного освещения применяются лампы накаливания общего назначения с номинальным напряжением 127 и 220 В местного освещения с напряжением 12, 24 и 36 В.

Наряду с обычными лампами применяются **галогенные лампы накаливания (ГЛН)**, которые имеют по сравнению с первыми более высокий срок службы, значительно меньшие размеры, более высокие термостойкость и механическую прочность благодаря применению кварцевой колбы, а также повышенную светоотдачу.

Принцип действия ГЛН заключается в образовании на стенке колбы летучих соединений галогенидов вольфрама, которые испаряются со стенки, разлагаются на теле накала и возвращают ему, таким образом, испарившиеся атомы вольфрама. ГЛН применяются для светильников общего освещения и прожекторов, инфракрасного облучения, кинофотосъемочного и телевизионного освещения, автомобильных фар, аэродромных огней и т.д.

Газоразрядные лампы (ГЛ) – это приборы, в которых излучение оптического диапазона возникает в результате газового разряда в атмосфере инертных газов, паров металлов и их смесей.

Они имеют следующие преимущества:

- более высокая, чем у ламп накаливания, светоотдача;
- большой срок службы (до 10 000 ч.);
- относительно низкая яркость, что полезно для глаз;
- спектр излучения (особенно люминесцентных ламп) близок к спектру естественного света.

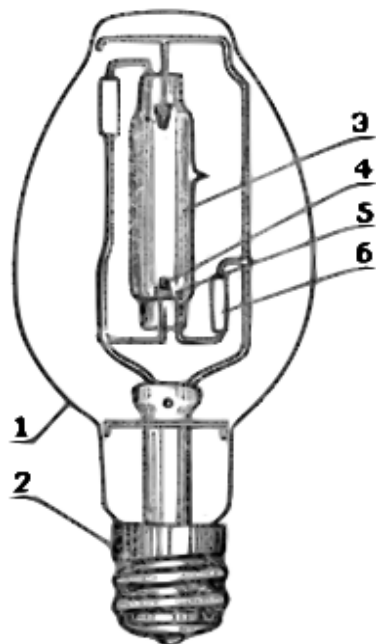
Недостатки:

- относительно сложная схема включения, необходимость в специальных пусковых приспособлениях – стартерах, поскольку напряжение зажигания у этих ламп значительно выше напряжения сети, а период разгорания довольно продолжителен, кроме того, пусковые устройства очень часто создают шум;
- ограничение по температуре окружающей среды (для люминесцентных ламп, при температурах близких к 0°С они зажигаются ненадежно);
- малая единичная мощность при больших размерах (для люминесцентных);
- значительное снижение и пульсация светового потока к концу срока службы;
- неудобства в обращении, а также необходимость в сдаче ламп специальными организациями для утилизации.

Люминесцентные лампы (ЛЛ) являются газоразрядными лампами низкого давления и представляют собой стеклянную трубку, наполненную дозированным количеством ртути и инертного газа с впаянными по концам электродами. Внутренняя поверхность трубки покрыта слоем люминофора. В зависимости от марок люминофора различают несколько типов ламп, например: дневного света (ЛД); дневного света с улучшенной цветопередачей (ЛДЦ); холодного белого цвета (ЛХБ); теплого белого цвета (ЛТБ); белого цвета (ЛБ).

Люминесцентные лампы применяются для освещения внутренних отапливаемых помещений и являются более предпочтительными, чем лампы накаливания. Они имеют следующие характеристики:

- мощность 20-80 Вт (не более 150);
 - срок службы – до 10 000 ч;
 - световая отдача до 75 лм/Вт.



Газоразрядные лампы высокого давления применяются в условиях, когда требуются высокая световая отдача при компактности источника света и стойкость к условиям внешней среды.

В системах производственного освещения наибольшее применение нашли следующие типы ламп:

- **дуговая ртутная люминесцентная лампа (ДРЛ)** представляет собой лампу высокого давления с исправной цветностью (рисунок 3). Четырёхэлектродная лампа ДРЛ состоит из внешней стеклянной колбы 1, снабжённой резьбовым цоколем 2. На ножке лампы смонтирована установленная на геометрической оси внешней колбы кварцевая горелка 3, наполненная аргоном с добавкой ртути, пропускающая ультрафиолетовые лучи.

Рисунок 3 – Дуговая ртутная люминесцентная лампа

Четырёхэлектродные лампы имеют основные электроды 4 и расположенные рядом с ними вспомогательные (зажигающие) электроды 5.

Каждый зажигающий электрод соединён с находящимся в противоположном конце разрядной трубки основным электродом через токоограничивающее сопротивление 6. Газовый разряд в парах ртути сопровождается мощным ультрафиолетовым излучением, которое с помощью люминофора преобразуется в видимое. Существенным недостатком ламп ДРЛ является преобладание в спектре сине-зеленой части, что исключает их применение, когда объектами различения являются лица людей или окрашенные поверхности.

Преимущества ламп ДРЛ перед обычными люминесцентными заключается в независимости их работы от температуры окружающего воздуха. Поэтому они применяются для освещения территорий предприятий, населенных пунктов, а также производственных помещений большой высоты;

- **металлогалогенные лампы общего назначения** типа ДРИ (дуговые ртутные с излучающими добавками) по своей конструкции аналогичны лампам ДРЛ. Для заполнения колбы лампы применяют галогениды галлия, натрия, индия, лития и других редкоземельных элементов. Лампы ДРИ излучают практически сплошной, спектр, приближающийся к дневному (преимущество перед ДРЛ), кроме того, они имеют более высокую светоотдачу (до 100 лм/Вт). Однако они имеют меньший срок службы и более сложную систему включения. Применяются в основном для освещения территорий и внутренних помещений;

- **натриевые лампы** являются одной из самых эффективных групп источников видимого излучения: они обладают самой высокой световой отдачей среди всех известных газоразрядных ламп и незначительным снижением светового потока при длительном сроке службы. Они применяются для экономичного освещения, особенно наружного. Недостатком ламп является низкое качество цветопередачи;

- **дуговые ксеноновые трубчатые лампы (ДКСТ)**. В этих лампах газовый разряд происходит в парах ксенона при высоком и сверхвысоком давлении и плотности тока. Они обладают стабилизированным разрядом и не нуждаются в балластном сопротивлении, имеют большую мощность – 2-50 кВт, чрезмерную долю ультрафиолетового излучения в спектре (особенно при минимальной мощности). Применяются для наружного освещения. Недостатки по сравнению с ДРЛ и ДРИ: большой коэффициент пульсации (до 130%), малая надежность пусковых устройств, низкая светоотдача.

1.6 Светильники

Для освещения производственных помещений, в основном, используется не лампы, а светильники – сочетание источника света и осветительной арматуры. Осветительная арматура служит для подвода электрического питания, крепления, перераспределения светового потока в пространстве, предохранения источника света от загрязнения и механического повреждения, защиты окружающей среды от источника света.

Светильники характеризуются распределением светового потока в пространстве, защитным углом и коэффициентом полезного действия.

Распределение светового потока в пространстве определяется конструкцией светильника (рисунок 4). В зависимости от доли светового потока, приходящегося на нижнюю полусферу, светильники подразделяются на 5 классов:

- прямого света Π , если эта доля более 80%;
- преимущественно прямого H (60-80%);
- рассеянного P (40-60%);
- преимущественно отраженного B (20-40%);
- отраженного O (менее 20%).

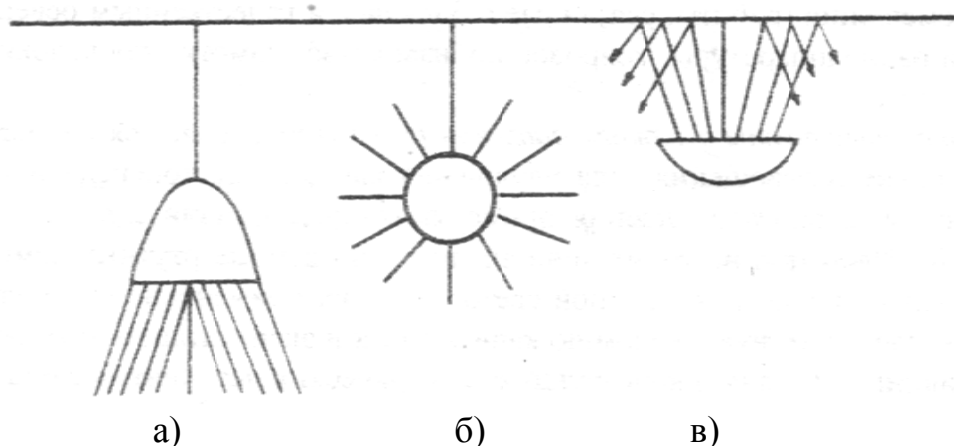
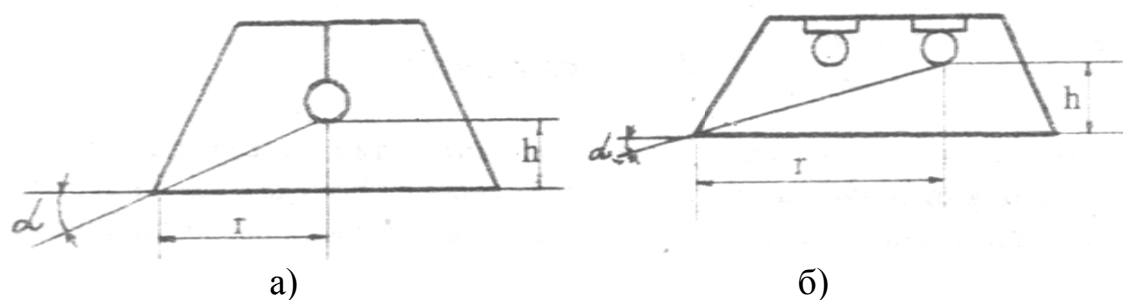


Рисунок 4 – Светильники прямого (а), рассеянного (б) и отраженного (в) света

Защитный угол α (рисунок 5) определяет степень пространственного ограничения слепящего действия источника света. Это – угол между горизонталью и линией, соединяющей нить накала (поверхность лампы) с противоположным краем отражателя.



а – с лампой накаливания или ДРЛ; б – с люминесцентными лампами

Рисунок 5 – Защитный угол светильника

От размещения светильников в помещении зависит равномерность распределения освещенности и защита от слепящего действия лампы. При этом учитываются коэффициенты отражения стен, потолка, оборудования.

Коэффициент полезного действия светильника – это отношение фактического светового потока светильника к световому потоку источника.

$$\text{КПД} = \frac{\Phi_{\text{св}}}{\Phi_{\text{л}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

КПД светильников находится в пределах от 85% до 45%.

При большом многообразии типов светильников окончательный их выбор следует сделать для того варианта освещения, который даст наименьшие капитальные затраты и расход электроэнергии. Окончательный экономически и энергетически целесообразный выбор типов светильников производится с учетом их размещения в помещении. При размещении светильников учитывают удобства их обслуживания, ограничение слепящего действия, равномерность освещения, направление света, коэффициенты отражения стен, потолка. Большое значение имеет отношение расстояния между светильниками ($L_{\text{св}}$) к высоте их установки (H_p) над освещаемой поверхностью (таблица 3).

$$\lambda = \frac{L_{\text{св}}}{H_p} \quad (2)$$

Таблица 3 – Рекомендуемые и допустимые значения λ для светильников с различными кривыми силы света

Типы кривых силы света	Рекомендуемые	Допустимые
К – концентрированная	0,4-0,7	0,9
Г – глубокая	0,8-1,2	1,4
Д – косинусная	1,2-1,6	2,1
М – равномерная	1,8-2,6	3,4
Л – полуширокая	1,4-2,0	2,3

Уменьшение величины λ удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведет к резкой неравномерности освещенности, к возрастанию расхода электроэнергии, увеличению коэффициента запаса.

Светильники для освещения имеют исполнения по способу установки: подвесные, потолочные, встраиваемые, настенные, напольные, настольные, венчающие, консольные, торцевые, ручные, головные.

Каждый тип светильника имеет условное обозначение (шифр). Структура шифра такова:



На месте цифры 1 ставится буква, обозначающая источник света в светильнике (Н – лампа накаливания, Р – ртутная лампа дуговая высокого давления (ДРЛ), Л – люминесцентная, И – кварцевая галогенная лампа накаливания, Г – ртутные лампы с иодидами металлов, металлогалогенные лампы, Ж – натриевые лампы, К – ксеновые лампы, С – лампы-светильники); 2 – буква, характеризующая способ установки светильника (С – подвесной, П – потолочный, В – настенный, Н – настольный, К – консольный, В – встроенный); 3 – буква, обозначающая назначение светильника (У – для наружного освещения, П – для производственных зданий, О – для общественных); 4 – двузначное число, обо-

значающее номер серии; 5 -цифра, обозначающая число ламп в светильнике (для одноламповых цифра и знак x не ставится); 6 – мощность лампы, Вт; 7 – номер модификации; 8 – климатическое испытание и категорию размещения (у – умеренный, Т – тропический, 1 – на открытом воздухе, 2 – под навесом, 3 – в закрытых, не отапливаемых помещениях, 4 – в закрытых, отапливаемых помещениях). Например, ЛСП04-40-024-У4 – светильник люминесцентный с трубчатой лампой, подвесной, для промышленных зданий, серии 04, одноламповый (знак x опущен), для мощности лампы 40 Вт, с модификацией 024 для районов с умеренным климатом и закрытых отапливаемых помещений.

1.7 Методы расчета систем искусственного освещения

При проектировании или исследовании эффективности систем искусственного освещения используют в основном три метода:

- метод светового потока (коэффициента использования);
- точечный метод;
- метод удельной мощности.

Метод светового потока

Метод светового потока, именуемый иногда методом коэффициента использования, обычно используют только для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной рабочей поверхности. Расчет производится для определения светового потока одной лампы $\Phi_{л}$ (лм):

$$\Phi_{л} = \frac{E_{min} \cdot S \cdot z \cdot K}{N \cdot \eta}, \quad (3)$$

где E_{min} – величина минимальной освещенности, лк;

S – освещаемая площадь, м²;

z – коэффициент неравномерности освещенности, значения которого для ламп накаливания и ДРЛ – 1,15, для люминесцентных – 1,1;

η – коэффициент использования светового потока, зависящий от типа светильника, коэффициентов отражения потолка и стен, а также индекса помещения (таблица 1 приложение А);

K – коэффициент запаса, учитывающий эксплуатационное снижение освещенности с запланированной вследствие загрязнения светильников и ламп, а также уменьшения светового потока ламп в процессе их эксплуатации; его значения приведены в таблице 2 (приложение А);

N – число ламп освещения в помещении (выбирает проектировщик).

Индекс помещения вычисляют по формуле:

$$i = \frac{l \cdot b}{h_p \cdot (l + b)}, \quad (4)$$

где l и b – длина и ширина помещения, м;

h_p – расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью (расстояние от источника света до рабочей поверхности), м.

Подсчитав по формуле 3 световой поток одной лампы Φ_L , подбирают ближайшую стандартную лампу и определяют электрическую мощность всей осветительной системы. При этом допускается отклонение светового потока выбранной лампы от расчетной от -10% до $+20\%$, в противном случае выбирают другую схему расположения светильников.

Точечный метод

Применяют в основном для расчета локализованного и комбинированного освещения, освещения наклонных и вертикальных плоскостей и для проверки расчета равномерного общего освещения, если требуется оценить освещенность в конкретных точках.

Особое значение имеет расчет по точечному методу при светильниках концентрированного светораспределения, так как в этом случае даже незначительное изменение расположения светильников может привести к резкому снижению освещенности на отдельных участках.

Расчет освещенности в заданной точке от точечного источника света на горизонтальной плоскости осуществляется по выражению 5 (рисунок 6):

$$E_A = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{H_p^2 k}, \quad (5)$$

где I_α – сила света по направлению к расчетной точке А, $кд$ (приводится в светотехнических справочниках);

α – угол между нормалью рабочей поверхности и направлением светового потока от источника света, $град.$;

H_p – высота подвеса светильника над горизонтальной плоскостью, проходящей через расчетную точку А, м;

k – коэффициент запаса.

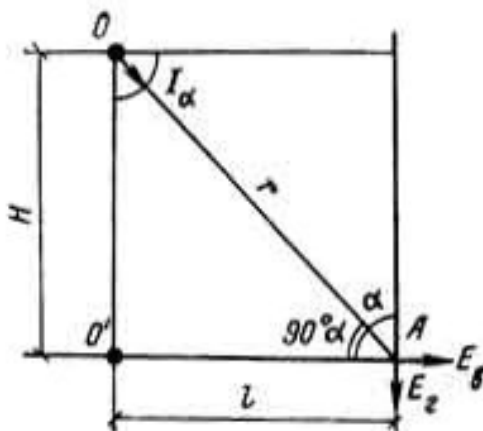


Рисунок 6 – Схема к расчету освещенности точечным методом

При необходимости расчета освещенности в точке, создаваемой несколькими светильниками, подсчитывают освещенность от каждого из них, а затем полученные значения складывают.

2 Порядок выполнения работы

Работа состоит из двух самостоятельных частей:

- 1) экспериментальной;
- 2) расчетно-теоретической.

2.1 Описание лабораторной установки и приборов

Лабораторная установка представляет собой кабину закрытого типа со светонепроницаемой дверью-шторой. В установке имеется ряд светильников, имитирующих системы общего равномерного, общего локализованного и комбинированного освещения.

2.2 Измерение освещенности и других светотехнических величин

Для измерения освещенности применяются люксметры.

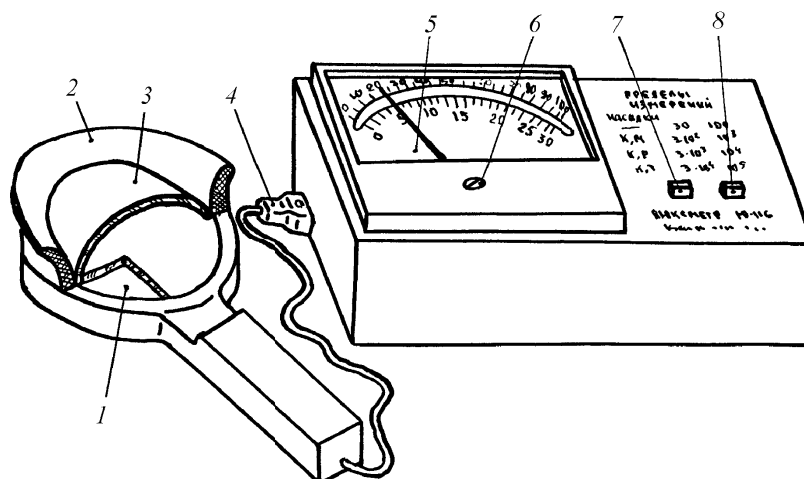
Фотоэлектрический люксметр типа Ю-116 (рисунок 7) предназначен для измерения освещенности, создаваемой лампами искусственного освещения и естественным светом, источники которого расположены произвольно относительно светоприемника люксметра.

Люксметр состоит из выносного селенового фотоэлемента *1* с насадками *2* и *3* и магнитоэлектрического прибора *5*. Селеновый фотоэлемент присоединяется к прибору шнуром с соединительным разъемом *4*, включаемым в гнездо, расположенное в углублении панели прибора.

На передней панели расположены кнопки *6* и *7* переключения шкал прибора и табличка со шкалой, связывающей действие кнопок и используемых насадок с пределами измерений освещенности.

Для корректировки угловой чувствительности фотоэлемента *1* применяется насадка *2* (маркированная буквой *K* на внутренней поверхности), состоящая из полусферы, изготовленной из белой светорассеивающей пластмассы и непрозрачного пластмассового кольца. Данная насадка применяется только со сменными насадками *3*, имеющими маркировки *M*, *P* и *T*, что обеспечивает общий номинальный коэффициент ослабления показаний прибора *5* соответственно 10, 100 и 1000. Указанные насадки применяются для расширения диапазона измерения прибора.

Принцип отсчета значения замеряемой освещенности состоит в следующем: против нажатой кнопки определяют выбранное с помощью насадок на светоприемник (или без насадок) наибольшее значение диапазонов измерений. При нажатой правой кнопке *8*, против которой нанесены наибольшие значения диапазонов измерений кратные 10, следует пользоваться для отсчета показаний шкалой 0-100 (верхняя), а при нажатой левой кнопке *7*, против которой нанесены наибольшие значения диапазонов измерений кратные 30, следует пользоваться шкалой 0-30 (нижняя). Показания прибора в делениях по соответствующей шкале умножаются на коэффициент пересчета шкалы, указанный в таблице 4, в зависимости от применяемых насадок *2* и *3*. Маркировка корректирующей насадки *3* расположена на ее ободке.



1 – фотоэлемент; 2 – насадка *K* светопоглощающая корректирующая; 3 – насадка (*M*, *P* или *T*) корректирующая; 4 – разъем соединительный; 5 – прибор М2027-5; 6 – винт корректировки положения стрелки; 7 – включатель диапазонов нижней шкалы; 8 – включатель диапазонов верхней шкалы

Рисунок 7 – Люксметр Ю-116

Предположим, что на светоприемник (фотоэлемент) установлены насадки *K*, *P* и нажата левая кнопка 7, а стрелка прибора показывает 10 делений по шкале 0-10. Тогда измеряемая освещенность будет равна $10 \times 100 = 1000$ лк.

С целью ускорения поиска диапазона измерения, который соответствует показаниям прибора в пределах 17-100 делений по шкале 0-100 и 5-30 делений по шкале 0-30, необходимо последовательно устанавливать насадки *K*, *T*; *K*, *P*; *K*, *M* и при каждой насадке нажимать сначала правую 8, а затем левую 7 кнопки. Если при насадках *K*, *M* и нажатой левой кнопке 7 стрелка не доходит до 5 делений по шкале 0-30, то измерения производите без насадок, т.е. с открытым фотоэлементом 1.

Таблица 4 – Коэффициенты пересчета показаний люксметра типа Ю-116 в зависимости от применяемых насадок на фотоэлементе

Диапазон измерений, лк	Условное обозначение совместно применяемых насадок на фотоэлементе	Общий номинальный коэффициент ослабления применяемых двух насадок (коэффициент пересчета шкалы)
5-30 17-100	Без насадки с открытым фотоэлементом	1
50-300 170-1000	<i>K</i> , <i>M</i>	10
500-3000 1700-10000	<i>K</i> , <i>P</i>	100
5000-30000 17000-100000	<i>K</i> , <i>T</i>	1000

Задание 1

Исследование освещенности в помещении

- 1 Для 3 рабочих мест в лаборатории и в 2 местах коридоре произвести нормирование освещенности: определить размер объекта различения, фон, контраст объекта с фоном, разряд, подразряд зрительной работы, нормируемую освещенность. Результаты занести в таблицу 5.
- 2 Провести проверку люксметра.
- 3 С помощью люксметра замерить освещенность на рабочем месте и в коридоре, результаты занести в таблицу 5.
- 4 Результаты измерений сравнить с нормами минимальной освещенности E_{\min} для заданных условий работы.

Таблица 5 – Результаты исследований

Место проведения измерений	Вид источника света. Система освещения	Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд/подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Освещенность		Доля общего освещения в комбинированном, φ , %
							Нормируемая, E_{\min} , лк	Фактическая, E , лк	

Сделать выводы о возможности выполнения работ и об эффективности исследуемой системы освещения. При отрицательном результате предложить мероприятия, направленные на улучшение условий труда.

Задание 2

Исследование системы комбинированного освещения

Работа выполняется в затемненной комнате.

- 1 Определить минимальную освещенность для заданных условий работы.
- 2 Измерить общую и комбинированную освещенность в заданной точке для каждого светильника. Результаты занести в таблицу 5. Рассчитать долю общего освещения в комбинированном, сравнить полученные значения с требуемыми.
- 3 Сделать выводы о возможности выполнения работ.

Задание 3

Расчет искусственного освещения

- 1 Произвести расчет искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока (для варианта, указанного преподавателем, таблица 6).

Таблица 6 – Исходные данные для выполнения работы

Наименование параметра	№ варианта				
	1	2	3	4	5
Размеры помещения:					
длина A , м	120	120	40	40	18
ширина B , м	20	20	15	15	10
высота H , м	6	6	5	5	4,5
Высота расположения рабочей поверхности h_p, M	0,8	0,8	1,2	1,2	0,8
Коэффициенты отражения:					
стен ρ_c	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
потолка ρ_n	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7
рабочей поверхности ρ_p	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3
Число светильников N	360	600	100	80	42
Число ламп в светильнике n	2	1	2	2	2
Вид источника	ЛЛ	ЛН	ЛЛ	ЛЛ	ЛЛ
Удаление расчетной точки от оси светильника, м	1,0	2,5	1,5	1,5	1
Тип светильника / кривые силы света	РСП 05/Г-1	НСП 17/Г-3	ЛСП 02/Д-2	РСП 05/Г-1	НСП 17/Г-3

Определить световой поток одной лампы Φ_n (лм), выбрать ближайшую стандартную лампу (таблицы 4,5 приложения А) и определить суммарную мощность всей осветительной системы.

- 2 Сравнить полученную освещенность с величиной минимальной освещенности E_{\min} по СНиП 23-05-95.
- 3 Сделать вывод о возможности выполнения работ, размещении светильников, их количестве.

Содержание отчета

- 1 Цель работы, приборы, применяемые для контроля освещения.
- 2 Результаты измерений освещенности, таблица 5, расчеты, выводы.
- 3 Расчет искусственного освещения методом коэффициента использования светового потока и точечным методом по варианту указанному преподавателем.
- 4 Выводы.

Контрольные вопросы

- 1 Перечислите разновидности производственного освещения. Достоинства и недостатки каждой из них.
- 2 Количественные и качественные показатели искусственного освещения.
- 3 Нормируемые показатели освещения (по СНиП 23-05-95).
- 4 Классификация систем искусственного освещения по конструктивному исполнению.
- 5 Какие искусственные источники света (лампы) используются для производственного освещения?
- 6 Что такое светильник и какими параметрами он характеризуется?

- 7 Поясните назначение защитного угла светильника.
- 8 Что заложено в основу нормирования производственного освещения по присвоению разрядов и подразрядов зрительных работ?
- 9 Назовите факторы, влияющие на выбор нормы освещенности.
- 10 Какой прибор применяется для измерения освещенности?
- 11 Назовите методы расчета систем искусственного освещения.
- 12 Охарактеризуйте области применения методов расчета искусственного освещения.

Список литературы

- 1 Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов. – 2-е изд., перераб. и доп./ Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.; Под ред. Е.Я. Юдина и С.В. Белова.– М.: Машиностроение, 1983. – 448 с.
- 2 Справочная книга по охране труда в машиностроении /Г.В. Бектобеков, Н.Н. Борисова, В.И. Короткова и др.; Под общ ред. О.Н. Русака. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 541 с.
- 3 СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М.: Минстрой России, 1995. – 35 с.
- 4 ГОСТ 8045-82 (2002) Светильники для наружного освещения. Общие технические условия.
- 5 ГОСТ 8607-82 Светильники для освещения жилых и общественных помещений. Общие технические условия (взамен ГОСТ 8607-74, ГОСТ 11536-75, ГОСТ 14804-69).
- 6 ГОСТ 15597-82 (2003) Светильники для производственных зданий. Общие технические условия.
- 7 ГОСТ 27900-88 Светильники для аварийного освещения. Технические требования (МЭК 598-2-22).
- 8 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

Приложение А

Таблица А1 – Коэффициент использования светового потока светильника

Индекс помещения	Тип светильника																		
	глубокоизлучатель эмалированный				шар молочного стекла				«люцетта» (цельномолочное стекло)										
	Коэффициент отражения потолка, %																		
	0,3			0,5			0,7			0,5			0,7						
	Коэффициент отражения стен																		
	0,1		0,3		0,5		0,7		0,5		0,7		0,3		0,5		0,5		0,7
Коэффициент использования, %																			
0,50	0,19	0,21	0,25	0,09	0,12	0,13	0,2	0,16	0,2	0,22	0,29								
0,60	0,24	0,27	0,31	0,12	0,16	0,17	0,23	0,21	0,25	0,27	0,33								
0,70	0,29	0,31	0,34	0,14	0,18	0,2	0,26	0,24	0,29	0,3	0,38								
0,80	0,32	0,34	0,37	0,16	0,2	0,21	0,28	0,26	0,31	0,33	0,41								
0,90	0,34	0,36	0,39	0,17	0,21	0,23	0,3	0,29	0,33	0,35	0,43								
1,00	0,36	0,38	0,4	0,19	0,22	0,24	0,31	0,31	0,34	0,37	0,44								
1,10	0,37	0,39	0,41	0,19	0,23	0,25	0,32	0,32	0,36	0,38	0,46								
1,25	0,39	0,41	0,43	0,21	0,24	0,28	0,35	0,34	0,38	0,41	0,48								
1,50	0,41	0,43	0,46	0,23	0,27	0,3	0,36	0,37	0,41	0,44	0,51								
1,75	0,43	0,44	0,48	0,25	0,29	0,32	0,39	0,39	0,43	0,46	0,53								
2,00	0,44	0,46	0,49	0,27	0,3	0,34	0,4	0,41	0,54	0,48	0,55								
2,25	0,46	0,48	0,51	0,28	0,31	0,36	0,42	0,43	0,47	0,5	0,57								
2,50	0,48	0,49	0,52	0,29	0,33	0,37	0,43	0,45	0,48	0,52	0,58								
3,00	0,49	0,51	0,53	0,31	0,35	0,39	0,45	0,47	0,51	0,54	0,6								
3,50	0,50	0,52	0,54	0,33	0,37	0,41	0,47	0,49	0,52	0,57	0,63								
4,00	0,51	0,52	0,55	0,35	0,38	0,43	0,48	0,5	0,54	0,59	0,64								
5,00	0,52	0,54	0,57	0,37	0,4	0,46	0,49	0,52	0,56	0,61	0,65								

Таблица А2 – Значение коэффициента запаса k

Характеристика объекта	Коэффициент запаса, k		Расчетная частота чистки светильников
	При лампах накаливания	При люминесцентных лампах	
Помещения с большими выделениями пыли, дыма, копоти	1,7	2,0	4 раза в месяц
Помещения со средними выделениями пыли, дыма, копоти	1,5	1,8	3 раза в месяц
Помещения с малым выделением пыли	1,3	1,5	2 раза в месяц
Наружное освещение светильниками	1,3	1,5	3 раза в год

Таблица А3 – Силы света светильников с условной лампой в 1000 лм, *I*

α°	Типы светильников и кривые силы света		
	РСП 05/Г-1	НСП 17/Г-3	ЛСП 02/Д-2
0	284	610	238
5	280	597	229
15	277	510	215
25	258	454	204
35	228	322	195
45	181	186	164
55	106	76	145
65	56	16	122
75	26	5	76
85	6	-	7

Таблица А4 – Параметры ламп накаливания общего назначения

Тип ламп, обозначение		Световой поток Φ , лм
Газополная биспиральная (аргоновое наполнение) Биспиральная криптоновая	В125-135-40	485
	БК125-135-40	520
	В125-135-60	810
	БК125-135-60	875
	В125-135-100	1540
	БК125-135-100	1630
Газополная моноспиральная	Г125-135-150	2280
	Г125-135-200	3200
	Г125-135-300	4900
	Г125-135-500	8700
	Г125-135-1000	19100
Вакуумная моноспиральная	В215-225-15	106
	В215-225-20	220
Газополная биспиральная	В215-225-40	415
	БК215-225-40	480
	В215-225-60	715
	БК215-225-60	790
	В215-225-75	980
	БК215-225-75	1020
	В215-225-100	1390
	БК215-225-100	1450
	В215-225-150	2100
	В215-225-200	2920
Газополная моноспиральная	Г215-225-150	2090
	Г215-225-200	2920
	Г215-225-300	4610
	Г215-225-500	8300
	Г215-225-750	13100
	Г215-225-1000	18000

Примечание. Первые два числа в обозначении – диапазон допустимых напряжений (В), третье число – номинальная мощность (Вт).

Таблица А5 – Параметры ламп люминесцентных ртутных низкого давления

Тип лампы	Длина, мм	Мощность, Вт	Номинальный световой поток, лм	Средняя продолжительность горения, ч	Световая отдача, лм/Вт
ЛХБ 4	136	4	140	6000	28,75
ЛД 6	212	6	220	7500	36,66
ЛД 8	288	8	300	7500	37,5
ЛХБ 8	288	8	360	7500	45
ЛД 415	437	15	640	15000	42,66
ЛХБ 15	437	15	800	15000	53,33
ЛХБ 30	894	30	1940	15000	64,67
ЛХБ 40	1199	40	3100	15000	65
ЛДЦ 65	1500	65	4400	13000	48,6
ЛХБ 80	1500	80	5200	12000	47,5
ЛБА 40	1213	40	1000	7500	25
НЛНД 180	1514	180	33200	8000	184
Параметры ламп накаливания высокого давления					
ДРЛ 80	160	80	3600	6000	45
ДРЛ 125	188	125	6200	8000	49
ДРЛ 250	227	250	13000	8000	52
ДРЛ 400	292	400	23000	12000	57,2
ДРЛ 700	368	700	41000	12000	58,6
ДРЛ 1000	400	1000	59000	12000	59
ДРИ 250	227	250	19000	10000	40
ДРИ 400	400	400	32000	10000	80
ДРИ 700	350	700	60000	9000	85
ДРИ 1000	390	1000	90000	9000	90

Параметры ламп накаливания общего назначения

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средняя продолжительность горения, ч	Световая отдача, лм/Вт
БК-220-230-60	58	728	1300	13,3
Б-235-240-150	130	1500	3400	14,5
Г-220-230-150	145	1940	1300	13,4
Г-220-230-200	194	2715	1300	14,0
Г-220-230-300	289	4250	1300	16,1
Г-220-230-500	482	7650	1300	16,8
Г-220-230-750	723	12080	1300	17,5
Г-220-230-1000	964	17150	1300	18,8
МО-24-100	100	1740	1000	16,6
МОД-24-60	60	820	1000	13,65
ДБ-220-150	150	1740	1000	11,6
МОЗ-40-100	100	1300	1000	13/490*
ЗК-215-225-200	200	1800	1500	2100*
ЗК-215-225-500	500	5000	1500	5550*
ЗД-215-225-60	60	260	6500	190*
КГ-220-1500	1500	33000	2000	22

Примечание: 1) Обозначения ламп накаливания: В - вакуумная, Б - биспиральная аргоновая, Г – газополная, ДБ – с диффузным отражающим слоем, биспиральная, ЗК – зеркальная концентрированного светораспределения, БК – биспиральная криптоновая, КГ – кварцевая галогенная, МОД – местного освещения с диффузно-отражающим слоем, МО – лампа для местного освещения, МОЗ – местного освещения с зеркальным слоем, ЗД – зеркальная с косинусной кривой силы света, ЗШ – зеркальная с широкой кривой силы света.

2) Для ламп-светильников-ДБ, ЗК, МОЗ, ШЗ – в графе световой отдачи «звездочкой» * указана осевая сила света, I, кд

Содержание

Введение	3
1 Теоретическая часть	3
1.1 Виды искусственного освещения	3
1.2 Основные светотехнические характеристики и понятия	4
1.3 Нормирование искусственного освещения	7
1.4 Основные требования к производственному освещению	8
1.5 Источники света	9
1.6 Светильники	12
1.7 Методы расчета систем искусственного освещения	15
Метод светового потока	15
Точечный метод	16
2 Порядок выполнения работы	17
2.1 Описание лабораторной установки и приборов	17
2.2 Измерение освещенности и других светотехнических величин	17
Задание 1	19
Задание 2	19
Задание 3	19
Содержание отчета	20
Контрольные вопросы	20
Список литературы	21
Приложение А	22

Белякин Сергей Константинович
Коновалов Максим Николаевич

Искусственное освещение

Методические указания к выполнению
лабораторной работы для студентов специальностей
010101, 010701, 020101, 020201, 020401, 020801, 030301, 030501, 030601,
031001, 032001, 032101, 032102, 040101, 040104, 040201, 050203, 050301,
050501, 050502, 050711, 050714, 050715, 080105, 080109, 080111, 080115,
080301, 080502, 080504, 080507, 090103, 090105, 140211, 150202, 151001,
151002, 190201, 190202, 190601, 190603, 190702, 200503, 220301, 220601,
230105, 260601, 280101

Редактор Е.А. Устюгова

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл. печ. л. 1,75	Уч.-изд. л. 1,75
Заказ	Тираж 150	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.