

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

---

Кафедра безопасности полётов и жизнедеятельности

Т.В. Наумова, И.Н. Мерзликин, Е.Ю. Старков

# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

**Учебно-методическое пособие**  
по выполнению лабораторной работы

*для студентов  
всех специальностей и направлений  
всех форм обучения*

Москва  
ИД Академии Жуковского  
2021

УДК 628.9.04  
ББК 331.8  
НЗ4

Рецензент:

*Феоктистова О.Г.* – д-р техн. наук

**Наумова Т.В.**

НЗ4

Безопасность жизнедеятельности. Исследование искусственного освещения производственных помещений [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы / Т.В. Наумова, И.Н. Мерзликин, Е.Ю. Старков. – М.: ИД Академии Жуковского, 2021. – 36 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Безопасность жизнедеятельности. Исследование искусственного освещения производственных помещений» по учебному плану для студентов всех специальностей и направлений всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 27.10.2020 г. и методического совета 27.10.2020 г.

**УДК 628.9.04**  
**ББК 331.8**

*В авторской редакции*

Подписано в печать 17.05.2021 г.  
Формат 60x84/16 Печ. л. 2,25 Усл. печ. л. 2,09  
Заказ № 739/0330-УМП20 Тираж 80 экз.

Московский государственный технический университет ГА  
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского  
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А  
Тел.: (495) 973-45-68  
E-mail: zakaz@itsbook.ru

© Московский государственный технический  
университет гражданской авиации, 2021

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

Цель работы:

- 1) научиться исследовать и оценивать искусственное освещение рабочих мест;
- 2) освоить методику измерения освещенности в помещениях;
- 3) усвоить принцип нормирования искусственного освещения производственных помещений;
- 4) ознакомиться с методом расчета электрического освещения.

### **1.1. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

- 1.1.1. Изучить настоящие методические указания.
- 1.1.2. Ознакомиться с устройством прибора для измерения освещенности и Стенда НТЦ-17.55 и с устройством прибора для измерения освещенности, а так же стендом ОТ-8.
- 1.1.3. Изучить влияние направления света на видимость объекта.
- 1.1.4. Произвести замеры горизонтальной и вертикальной освещенностей и построить кривые одинаковой освещенности.
- 1.1.5. Ознакомиться со стробоскопическим эффектом.
- 1.1.6. Произвести расчет электрического освещения лаборатории.
- 1.1.7. Оформить отчет по лабораторной работе.
- 1.1.8. Ответить на контрольные вопросы.

## 1.2. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

(согласно СП 52.13330.2016)

1.2.1. **Освещение** – получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения.

1.2.2. Искусственное освещение может быть следующих систем:

**общее освещение** – предназначенное для равномерного освещения помещения или части его;

**комбинированное освещение** – освещение, при котором к общему искусственному освещению добавляется местное.

1.2.3. **Местное освещение** — освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах. Применение одного местного освещения не допускается.

1.2.4. Общее освещение подразделяется на равномерное и локализованное.

1.2.5. Искусственное освещение может быть следующих видов:

рабочее, аварийное, охранное и дежурное.

**Рабочее освещение** — освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий.

**Дежурное освещение** — освещение, используемое в нерабочее время.

**Аварийное освещение** разделяется на освещение безопасности и эвакуационное. Освещение безопасности следует предусматривать в случаях, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования и механизмов может вызвать:

- взрыв, пожар, отравление людей;
- длительное нарушение технологического процесса;
- нарушение работы таких объектов, как электрические станции, узлы радио- и телевизионных передач и связи, диспетчерские пункты, насосные установки водоснабжения, канализации и теплофикации,

установки вентиляции и кондиционирования воздуха для производственных помещений, в которых недопустимо прекращение работ и т.п.

**Эвакуационное освещение** — освещение для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении нормального освещения.

**Охранное освещение** (при отсутствии специальных технических средств охраны) должно предусматриваться вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время.

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

1.2.7. **Объект различения** – рассматриваемый предмет, отдельная его часть или различаемый дефект, которые требуется различать в процессе работы.

1.2.8. **Фон** – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается:

*светлым* – при коэффициенте отражения поверхности более 0,4;

*средним* – при коэффициенте отражения поверхности от 0,2 до 0,4;

*темным* – при коэффициенте отражения поверхности менее 0,2.

1.2.9. **Контраст объекта различения с фоном  $K$**  определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона.

$$K = \left| \frac{B_0 - B_\phi}{B_\phi} \right| \quad (1)$$

где  $B_0$  – яркость объекта различения;

$B_\phi$  – яркость фона.

Контраст объекта различения с фоном считается:

*большим* – при  $K$  более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости);

*средним* – при  $K$  от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости);

*малым* – при  $K$  менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости).

### 1.3. КРАТКАЯ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Освещение обуславливает видимость предметов, содействует увеличению производительности и улучшению качества труда, создает определенный психологический тонус и вызывает соответствующие настроение и самочувствие, содействует уменьшению количества несчастных случаев, предупреждает зрительное и общее утомление, влияет на физиологические процессы, сердечно-сосудистую систему.

Работоспособность глаза характеризуется рядом показателей физиологических функций:

**Острота зрения** – способность глаза видеть и различать мельчайшие предметы, детали, форму и очертания;

**Контрастная чувствительность** – способность глаза различать близкие друг к другу по степени яркости поверхности;

**Цветное зрение** – способность глаза различать цвета и даже оттенки;

**Устойчивость ясного видения** – способность четко видеть и различать мелкие предметы: детали, формы и очертания на протяжении определенного времени;

**Скорость зрительного восприятия** – способность глаза четко воспринимать мелкие предметы: детали, формы и очертания за минимальный период времени.

Все эти показатели зависят от степени освещенности и качества освещения. Недостаточное освещение рабочего места и окружающего пространства затрудняет ориентировку, что может привести к травматизму. Значительную роль играет неравномерность освещения.

Неравномерность освещенности – это отношение минимальной освещенности к максимальной. В помещениях, где общая освещенность выше

50 лк, неравномерность освещенности не должна быть менее 0,3; там, где общая освещенность ниже 50 лк – не менее 0,5.

**Объединенный показатель дискомфорта UGR** – критерий оценки дискомфорта блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения.

В качестве источников света применяют лампы накаливания, светодиодные и газоразрядные лампы.

Лампы накаливания обладают низкой световой отдачей с преобладанием в спектре желто-красного излучения и относительно малым сроком службы.

Светодиодное энергосберегающее освещение применяется для замены традиционных энергозатратных источников света. Светодиодные лампы могут быть использованы повсеместно: для освещения жилых помещений и офисов, для подсветки зданий и формирования современного торгового освещения. Используются они и в точечных светильниках.

Светодиодные лампы почти не мерцают (в качественных светодиодных лампах известных производителей частота мерцания до выше 300 Гц и ее не может зафиксировать наш мозг), потребляют минимум энергии и не содержат вредных веществ.

Газоразрядные лампы обладают значительными преимуществами перед лампами накаливания: световая отдача газоразрядных ламп в 5... 10 раз, а срок службы в 10...20 раз превышают соответствующие показатели ламп накаливания. Кроме того, газоразрядные лампы более разнообразны по спектру.

В зависимости от состава люминофора выпускают лампы нескольких типов: ЛБ (белого света), ЛД (дневного света), ЛХБ (холодно-белого света), ЛТБ (тепло-белого света), ЛДЦ (правильной цветопередачи).

Газоразрядным лампам присущи некоторые недостатки, к числу которых относится пульсация светового потока. Излучаемый газоразрядными лампами световой поток изменяется одновременно с изменением силы тока в

электрической сети по синусоидальному закону. Так как люминофор, покрывающий стенку колбы лампы, обладает недостаточным послесвечением, то световой поток пульсирует во времени, достигая максимума дважды за период тока при его максимальном значении в каждом полупериоде. Таким образом, световой поток пульсирует с удвоенной частотой сети, т.е. при промышленной частоте  $f_c = 50$  Гц частота пульсации  $f_n = 100$  Гц.

Пульсации оказывают отрицательное влияние на состояние зрительных функций, функциональное состояние центральной нервной системы и общую работоспособность человека независимо от характера выполняемых работ. Так, повышение глубины пульсации светового потока с 5 до 55 % приводит к снижению функции зрения на 24...28 %.

Значительную опасность при использовании газоразрядных ламп представляет стробоскопический эффект.

**Стробоскопический эффект** – это зрительная иллюзия, возникающая при наблюдении вращающегося объекта в течение отдельных периодически следующих один за другим интервалов времени, воспринимаемая субъективно как непрерывное изображение.

Стробоскопический эффект, проявляющийся в производственных условиях, создает травмоопасную ситуацию, увеличивает вероятность ошибок и неправильных действий персонала.

Пульсация освещенности оценивается коэффициентом пульсации.

**Коэффициент пульсации освещенности  $K_n$ , %** является критерием оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока источников света при питании их переменным током:

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

где  $E_{\max}$ ,  $E_{\min}$  и  $E_{cp}$  – максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период ее колебания, лк



При освещении помещений газоразрядными лампами, питаемыми переменным током частотой 50 Гц, в зависимости от системы освещения и точности выполняемых работ коэффициент пульсации освещенности согласно СП 52.13330.2016 не должен превышать значений, приведенных в таблице 1 Приложения.

Для уменьшения пульсации светового потока на практике применяют различные способы и средства.

В двухламповом светильнике снижение пульсации достигается использованием пускорегулирующей аппаратуры с «расщепленной» фазой, т.е. сдвигом фазы тока в лампах друг относительно друга на четверть периода тока с помощью емкостно-индуктивных балластов (рис.1). При мощности газоразрядной лампы более 100 Вт емкостно-индуктивный балласт не применяется из-за большой емкости конденсатора.

Пульсации светового потока можно существенно снизить при электропитании ламп от трехфазной сети чередованием подключения ламп к различным фазам (рис.2). Снижение пульсации достигается за счет сдвига фазных токов  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$  на треть периода тока относительно друг друга (рис.3).

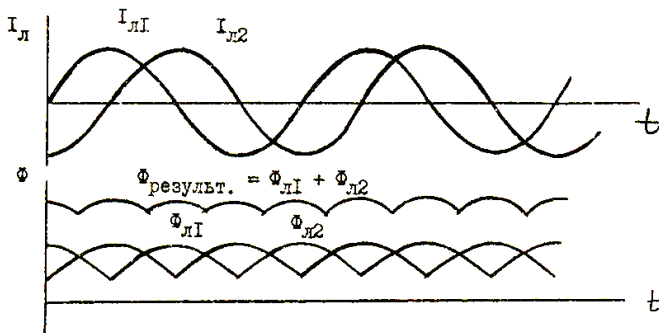


Рис.1. Снижение пульсации светового потока в двухламповом светильнике, включенном по схеме с «расщепленной» фазой

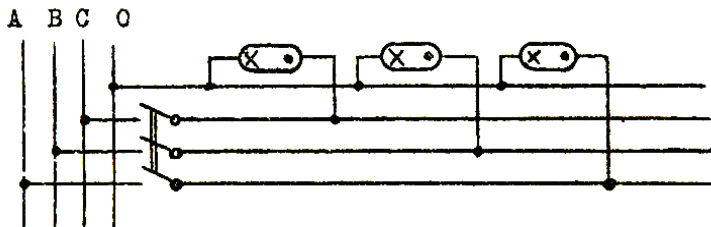


Рис.2. Схема чередования ламп по фазам при трехфазной системе питания с нулевым проводом

Значения  $K_{\Pi}$  для различных типов ламп в зависимости от схемы электропитания даны в таблице 1.1.

Для создания гигиенически рациональных условий действующие нормы СП 52.13330.2016 устанавливают минимальные допустимые значения освещенности и коэффициента пульсации освещенности для производственных помещений.

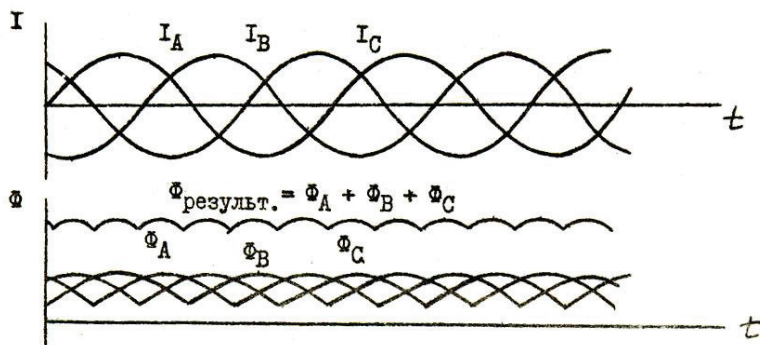


Рис.3. Снижение пульсации светового потока при трехфазном питании ламп, включенных по схеме чередования по фазам

Таблица 1.1.

## Значения коэффициента пульсации

Тип лампы	Коэффициент пульсации светового потока, %			
	Одной лампы	Двух ламп в схеме с расщепленной фазой	Двух ламп разных фаз	Трех ламп разных фаз
ЛБ и ЛТБ	25	10,5	10	2,2
ЛХБ	35	15	15	3,1
ЛДЦ	40	17	17	3,5
ЛД	55	23	23	5
ДРЛ	65	-	31	5

Величина минимальной освещенности устанавливается по характеристике зрительной работы, которую определяют наименьшим размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и характеристикой фона (табл. Приложения 1). Различают восемь разрядов зрительной работы в зависимости от степени зрительного напряжения и систем освещения (общего и комбинированного).

При проектировании осветительных установок используют ряд методов расчета электрического освещения. При равномерном распределении светильников с симметричным светораспределением расчет производится по методу коэффициента использования светового потока. Этот метод дает возможность определить световой поток источников света, необходимый для создания нормированной освещенности горизонтальной поверхности.

Расчетное уравнение метода коэффициента использования светового потока

$$\Phi_{л} = \frac{E_{н} \cdot S \cdot K_{з} \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (3)$$

где  $E_{н}$  - минимальная нормируемая освещенность по СП 52.13330.2016, лк;  
 $S$  - освещаемая площадь, м<sup>2</sup>;  
 $K_{з}$  - коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильников;  
 $Z$  - коэффициент неравномерности освещения ( $Z = E_{ср} / E_{\min}$ ), зависящий от типа ламп (для ламп накаливания и дуговых ртутных ламп – 1,15; для люминесцентных ламп – 1,1);  
 $N$  - число ламп

$\eta$  - коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования осветительной установки  $\eta$  - это отношение светового потока, падающего на рабочую поверхность, к световому потоку, испускаемому источником. Коэффициент использования зависит от типа светильника, геометрических размеров помещения и коэффициентов отражения поверхностей и определяется по таблицам. Для определения коэффициента использования  $\eta$  необходимо определить индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} \quad (4)$$

где  $A$  и  $B$  - длина и глубина (ширина) помещения;  
 $h$  - высота подвеса светильников.

В зависимости от величины светового потока светильника выбирают по справочнику стандартную лампу, либо решают обратную задачу. Выбирают тип лампы и, в зависимости от величины ее светового потока, определяют необходимое количество светильников.

## 1.4. ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИБОРЫ И УСТАНОВКИ

### 1.4.1. Люксметр Ю-117.

Предназначен для измерения освещенности в люксах с непосредственным отсчетом по шкале. Принцип действия люксметра основан на фотоэлектрическом эффекте. При попадании светового потока на фотоэлемент в замкнутой цепи возникает ток, величина которого пропорциональна световому потоку. Прибор градуирован таким образом, что его стрелка показывает величину освещенности по той шкале, которая соответствует положению переключателя диапазонов измерения. Для увеличения диапазона измерений люксметр снабжен светофильтрами. Измерение высокой освещенности производится с установленным на фотоэлемент светофильтром, частично поглощающим световой поток. Замеренная таким образом

освещенность определяется как произведение показаний шкалы люксметра на коэффициент светофильтра.

1.4.2. Установка по изучению осветительных устройств типа НТЦ-17.55.

Код стенда: НТЦ-17.55.1

Сеть: ~50Гц, 220В

Потребляемая мощность: 150 Вт.

Лабораторный стенд предназначен для исследования эффективности систем искусственного освещения.

Конструктивно стенд состоит из двух частей:

- Стенд с установленными источниками света;
- Сборная светонепроницаемая камера размерами 2500x2500x2400 мм;

Стенд выполнен из легкого алюминиевого профиля. На стенде расположена столешница интегрированного рабочего стола, подвижный подвес с источниками света различного типа: лампа накаливания, люминесцентная и энергосберегающая лампы (рис.4).

- Высота подвеса регулируется установленной ручной лебедкой и контролируется измерительной линейкой.

Стенд позволяет оценивать эффективность различных источников света по двум показателям: величине освещенности и мощности потребляемой источником света, что важно с точки зрения энергосбережения.

Для измерения мощности на стенде установлен ваттметр, для измерения освещенности используется переносной люксметр. При использовании люксметра за пределами камеры имеется возможность определения характеристик системы естественного освещения, существующей в лаборатории, а также исследования совмещенного освещения.

Стойка осветительная служит штативом для светильника и люксметра. Она состоит из следующих основных узлов: основания 1; двух вертикальных стоек 2-3; передвижного штатива 4; пультов управления 5 и 10; траверсов 6 со светильником 7; горизонтальной 8 и вертикальной 9 линеек. Включение

питания производится тумблером «Сеть» 5. Включение ламп осуществляют тумблером 10. Для перемещения подвижного штатива необходимо нажать на тормозную собачку 11 и двигать его в нужном направлении (рис.4).

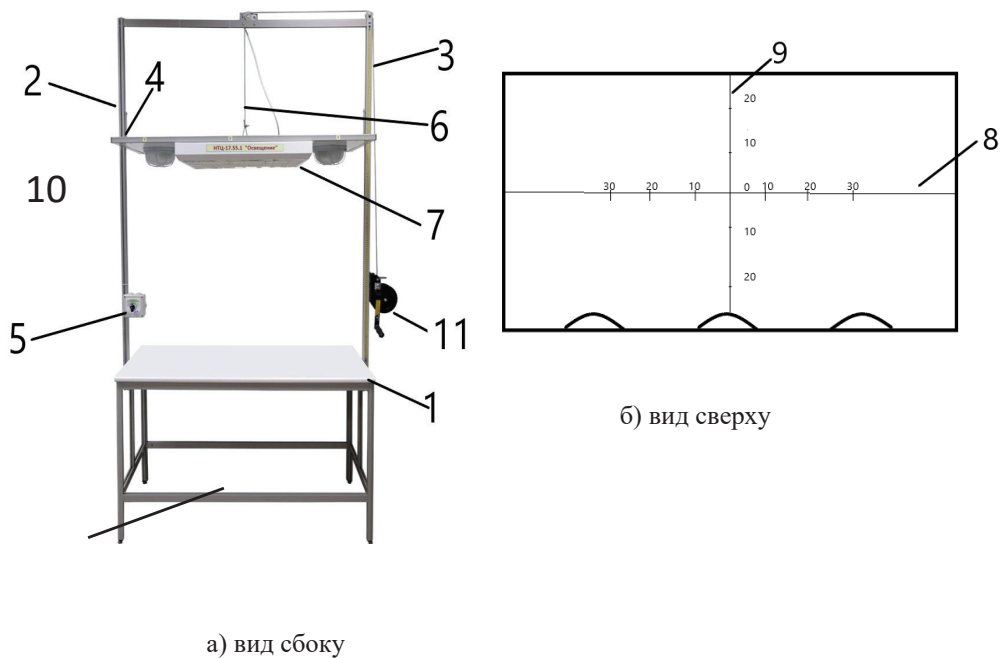


Рис.4. Общий вид осветительной стойки стенда НТЦ-17.55.1

#### 1.4.3. Установка по изучению осветительных устройств типа ОТ8.

Установка состоит из полусферической камеры и осветительной стойки (рис.5 и 6).

Полусферическая камера служит для:

- Изучения влияния направления света на видимость объекта;
- Определения силы света рассеянного потока;
- Демонстрации стробоскопического явления.

Камера состоит из следующих частей: полусферы 1, на наружной поверхности которой размещены смотровые глазки 2 и лучки 3; основания 4, внутри которого находится привод, состоящий из двигателя и двух шестерен, и осветительная лампа 8; перегородки с перекрывающимися отверстиями 14. На дне камеры размещен стробоскопический диск 10 с нанесенными на нем полосами черного цвета, и предметный столик 22. На внутренней полусферической поверхности находятся лампы накаливания 12 и люминесцентные лампы 13. Управление перекрытием отверстий 14 состоит из маховичка 15 и винта, перемещающего щиток 9. Скорость вращения стробоскопического диска можно регулировать маховичком 23. На панели управления размещены: сигнальная лампа 16, автомат ввода 17, сигнальная лампа вращения стробоскопического диска 24, тумблер пуска и остановки двигателя 18, тумблер управления люминесцентными лампами 19, тумблер включения ламп камеры 20 и переключатель ламп полусферы 21 (рис.5).

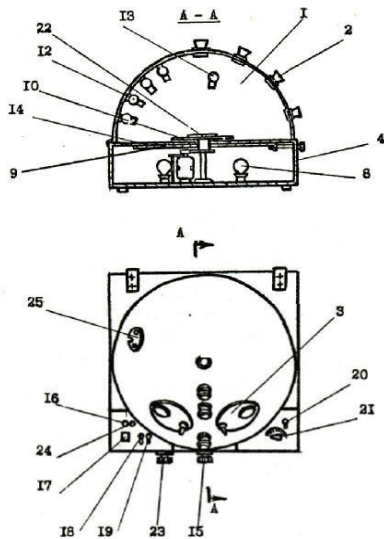


Рис. 5. Общий вид полусферической камеры стенда ОТ-8

Стойка осветительная служит штативом для светильника и люксметра. Она состоит из следующих основных узлов: основания 1; двух вертикальных стоек 2; передвижного штатива 3; пультов управления 4 и 9; траверсы 5 со светильником 6; горизонтальной 7 и вертикальной 8 линеек. Включение питания производится тумблером «Сеть» 10, при этом загорается сигнальная лампа 11. Изменение напряжения питания производится маховичком 12; напряжение сети измеряют вольтметром 13. Включение ламп осуществляют тумблером с пульта 4. Для

перемещения подвижного штатива необходимо нажать на тормозную собачку 14 и двигать его в нужное направление (рис.6).

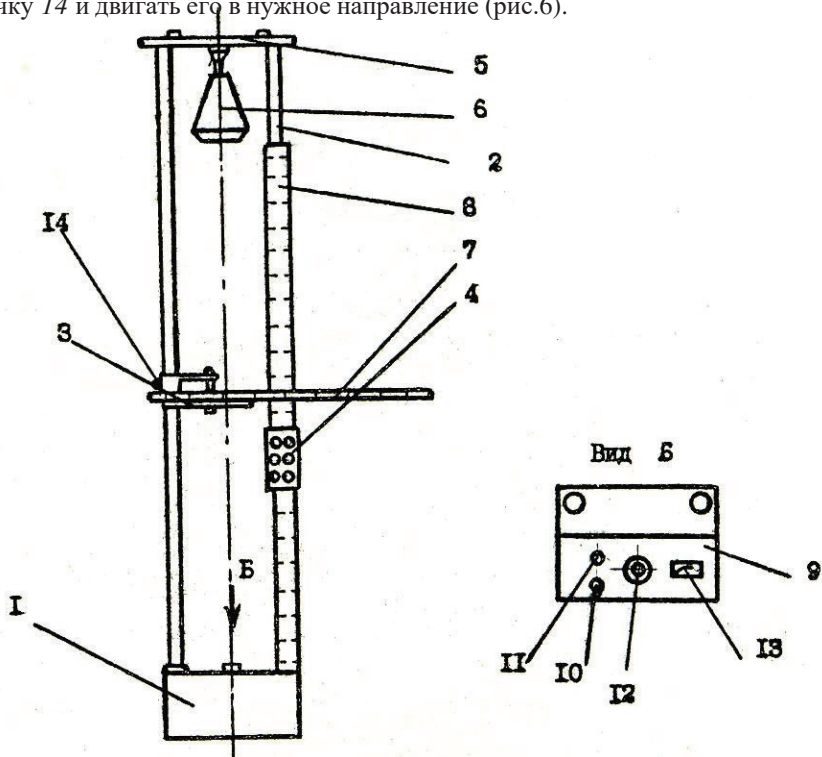


Рис.6. Общий вид осветительной стойки стенда ОТ-8



#### 1.4.4. Пульсметр-люксметр

Люксметр-пульсметр ТКА-ПКМ (модель 08) предназначен для измерения пульсации освещенности в % и освещенности в люксах, образуемой естественным и искусственным освещением, источник которого расположен произвольно от фотометрического датчика (ФД) прибора.

В основе прибора лежит принцип преобразования фотоприемным устройством излучения в электрический сигнал с последующей обработкой его микроконтроллером и цифровой индикацией числовых значений коэффициента пульсаций в % и освещенности в лк.

### 1.5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

#### 1.5.1. Изучить влияние направления света на видимость объекта.

Работа проводится в полусферической камере стенда ОТ-8 (рис.5):

- через окно 25 на предметный столик установить люксметр;
- переключателем 21 включать последовательно лампы 12, имитирующие местное освещение;
- после каждого переключения записать показание люксметра и расположение лампы (в градусах) в вертикальной плоскости, отмеченное на панели управления (положение переключателя 21). Значения занести в табл. 4.2;
- построить график освещенности в зависимости от направления света.

#### 1.5.2. Построить кривые одинаковой освещенности.

Работа проводится на осветительной стойке стенда ОТ-8 (рис.5):

**1.5.2.1.** установить люксметр на штатив 3, связанный с горизонтальной линейкой 7, под светильник;

**1.5.2.2.** включить светильник тумблером пульта управления 4;

**1.5.2.3.** замерить люксметром и записать горизонтальную освещенность под светильником;

**1.5.2.4.** переместить фотоэлемент люксметра на 10 см по линейке и вновь замерить горизонтальную освещенность;

**1.5.2.5.** таким образом замерить освещенность на 20, 30, 40, 50 см по горизонтальной линейке;

**1.5.2.6.** опустить (поднять) на 10 см горизонтальную линейку 7 по шкале 8;

**1.5.2.7.** замерить и записать горизонтальную освещенность в тех же точках по горизонтали, что и в предыдущем опыте;

**1.5.2.8.** подобным образом произвести серию измерений для последующих 4-х положений люксметра (перемещая линейку по высоте, а фотоэлемент люксметра по горизонтали);

**1.5.2.9.** полученные результаты измерений записать в табл. 4.4 отчета и нанести на миллиметровую бумагу. Точки с одинаковой освещенностью соединить между собой плавными кривыми, называемыми кривыми горизонтальной освещенности;

**1.5.2.10.** аналогично построить кривые одинаковых вертикальных освещенностей. При этом фотоэлемент люксметра необходимо располагать в вертикальной плоскости. Результаты замеров занести в табл. 4.5 отчета.

### **1.5.3. Изучить зависимость освещенности от напряжения сети.**

Работа проводится на осветительной стойке стенда ОТ-8:

**1.5.3.1.** установить люксметр на штатив 3 под светильником;

**1.5.3.2.** включить тумблер «Сеть» на пульте 9 и тумблером на пульте 4 включить светильник;

**1.5.3.3.** установить маховичком 12 пульта 9 напряжение сети 220 В;

**1.5.3.4.** замерить люксметром освещенность;

**1.5.3.5.** затем установить маховичком 12 напряжение сети  $\pm 5\%$ ,  $\pm 10\%$ ,

$\pm 20\%$  от 220 В, одновременно при этом замеряя освещенность;

**1.5.3.6.** результаты измерений занести в табл. 4.3 отчета и построить график зависимости освещенности от напряжения сети.

#### **1.5.4. Демонстрация стробоскопического эффекта.**

Работа проводится в полусферической камере стенда ОТ-8:

**1.5.4.1.** включить автомат ввода 17, при этом включается сигнальная лампа 16;

**1.5.4.2.** включить вращение стробоскопического диска тумблером 18, при этом загорается сигнальная лампочка 24;

**1.5.4.3.** включить люминесцентные лампы 13;

**1.5.4.4.** через одно из смотровых глазков 2 наблюдать за вращающимся диском;

**1.5.4.5.** установить маховичком 15 такую скорость вращения диска, при которой можно наблюдать стробоскопический эффект.

#### **1.5.5. Построить кривые одинаковой освещенности.**

Работа проводится на осветительной стойке стенда НТЦ-17.55.1 (рис.4):

Построить кривые одинаковой освещенности.

*! Убедитесь, что установка функционирует правильно, вставлены лампочки разной мощности и нет каких-либо повреждений оборудования. В противном случае обратитесь к преподавателю.*

*Перед работай скачайте на ваш смартфон приложение «Люксметр», и используйте его как измерительный прибор.*

**1.5.5.1.** Верхнюю плоскость со встроенными тремя лампочками расположите на отметке 100, отмеченной на мерной шкале сбоку от установки. Включите верхние три лампочки чтобы они горели одновременно.

**1.5.5.2.** Измерьте световой поток в точках перемещая измерительный прибор по шкале расположенный на дне установки, от центра, влево и вправо на 10, а затем на 20 и 30 сантиметров (от места наблюдения).

**1.5.5.3.** Запишите полученные данные для каждой точки в таблицу.

**1.5.5.4.** Повторите процедуру измерения светового потока для разных расстояний расположения верхних лампочек от дна установки (меняя высоту на 10 см).

**1.5.5.5.** Полученные результаты измерений запишите в табл. 1.2 отчета и постройте по ним график. Точки с одинаковой освещенностью соединить между собой плавными кривыми, называемыми кривыми вертикальной освещенности;

**1.5.5.6.** Построить кривые одинаковой освещенности для горизонтального освещения:

1. Включите боковые три лампочки чтобы они горели одновременно.

2. Измерьте световой поток точках, перемещая измерительный прибор по шкале, расположенный на дне установки (начиная с центра), от центра, вверх и вниз на 10, а затем на 20 сантиметров, руководствуясь разметкой установки.

3. Запишите полученные данные для каждой точки в таблицу.

4. Построить кривые одинаковых горизонтальных освещенности.

5. Повторить процедуру эксперимента, для газоразрядной лампы.

**1.5.1.7.** Полученные результаты измерений записать в табл. 1.3 отчета и построить график. Точки с одинаковой освещенностью соединить между собой плавными кривыми, называемыми кривыми горизонтальной освещенности;

**1.5.6. Определение коэффициента пульсации освещенности:**

- включить одну осветительную лампу в установке в режиме однофазного питания;
- измерить коэффициент пульсации люксметром-пульсметром «ТКА-ПКМ мод.08». Полученное значение занести в таблицу;
- повторить измерение при 3-х включенных лампах, каждая из которых подключена к определенной фазе трехфазного тока;
- определить допустимое значение коэффициента пульсации  $K_p$  при заданном разряде зрительной работы по СП 52.13330.2016;
- результаты внести в табл.1.4 отчета и сделать выводы.

**1.5.7. Выполнить расчет электрического освещения лаборатории,** данные внести в таблицу 1.5 отчета:

- определить величину нормируемой освещенности для рабочего места по СП 52.13330.2016 (Приложение 1);
- определить площадь лаборатории;
- определить коэффициент запаса  $K_z$  (Приложение 3);
- выбрать коэффициент неравномерности освещения  $Z$  (глава 1.3);
- определить коэффициенты отражения стен, потолка и рабочей поверхности  $\rho_c, \rho_{п}, \rho_r$  (Приложение 5);
- определить индекс помещения по формуле 4;
- выбрать величину коэффициента использования светового потока  $\eta$  по таблице Приложения 2;
- определить тип лампы и величину ее светового потока (Приложение 6);
- определить количество ламп, используя формулу:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{\Phi_l \cdot \eta} \quad (5)$$

- определить количество светильников и схему их расположения по формуле 6;

$$N_c = \frac{N}{n} \quad (6)$$

где  $n$ -количество ламп в светильнике

- сделать выводы.

**1.5.8. Оформить отчет по лабораторной работе, ответить на контрольные вопросы.**

## ФОРМА ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

«Исследование искусственной освещенности производственных помещений»

### 1. Построение кривых одинаковой освещенности.

Таблица 1.2

Результаты замеров горизонтальной освещенности

Положение люксметра по вертикали $h$ , см	Освещенность, лк						
	Положение люксметра по горизонтали $l$ , см						
	0	10	20	30	40	50	60

Таблица 1.3

Результаты замеров вертикальной освещенности

Положение люксметра по вертикали $h$ , см	Освещенность, лк						
	Положение люксметра по горизонтали $l$ , см						
	0	10	20	30	40	50	60

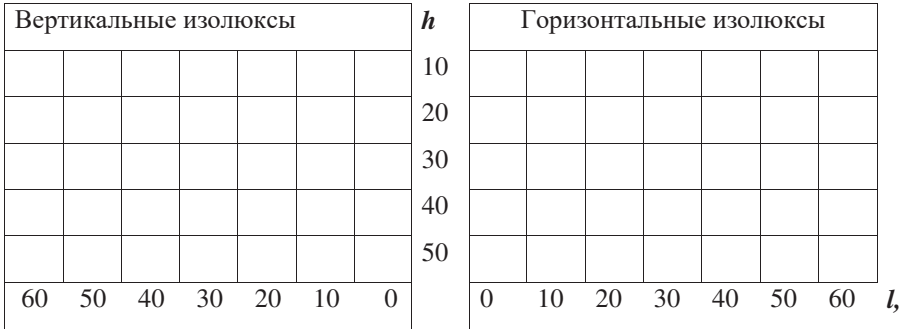


Рис.7. Кривые одинаковых освещенностей светильника

## 2. Определение коэффициента пульсации освещенности.

Таблица 1.4

Режим питания осветительной установки	$K_{П}$	$K_{П}$ доп
Однофазный		
трехфазный		

Вывод:

---



---

## 3. Расчет электрического освещения.

1. Разряд зрительной работы \_\_\_\_\_
2. Контраст объекта различения с фоном \_\_\_\_\_
3. Характеристика фона \_\_\_\_\_
4. Система освещения \_\_\_\_\_
5. Вид источника света \_\_\_\_\_
6. Нормированная освещенность по СП 52.13330.2016 \_\_\_\_\_

Таблица 1.5

Размеры помещения			K	Z	Коэффициенты отражения			i	Тип светильника	$\eta$	Источник света		Количество ламп	Количество светильников
A, м	B, м	S, м <sup>2</sup>			$\rho_c$	$\rho_{\text{п}}$	$\rho_p$				Тип лампы	$\Phi$ , лм		

## Расчет освещения

Выводы:

---

 (подпись студента)

---

 (подпись преподавателя, дата)



## 4. Влияние направления света на видимость объекта

Таблица 1.6

Расположение ламп в градусах, $\phi$						
Освещенность, лк $E$						

График освещенности в зависимости от направления света

$E$ , лк						

$\phi$ , °

## 5. Зависимость освещенности от напряжения сети.

Таблица 1.7

Напряжение сети $U$ , В						
Освещенность $E$ , лк						

График  $E = f(U)$ 

$E$ , лк						

$U$ , В

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите системы искусственного освещения.
2. Назовите виды искусственного освещения.
3. Какие показатели характеризуют работоспособность глаз?
4. Перечислите достоинства и недостатки люминесцентных ламп.
5. Перечислите достоинства и недостатки светодиодных ламп.
6. Перечислите недостатки ламп накаливания.
7. Объясните причину пульсации светового потока.
8. Дайте характеристику способам снижения пульсации светового потока.
9. Дайте определение стробоскопическому эффекту.
10. Как осуществляется выбор величины нормированной освещенности?
11. В чем заключается сущность расчета электрического освещения методом коэффициента использования светового потока?
12. Каков принцип действия и устройство люксметра?

## ЛИТЕРАТУРА

1. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах [электронные ресурсы]. Официальный интернет-портал правовой информации. URL: [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru). (дата опубликования 09.08.2016 г.).
2. СП 52.13330.2016. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. [электронные ресурсы]. URL: <http://www.consultant.ru/> (дата обращения 21.09.2020).
3. Наумова Т.В. Безопасность жизнедеятельности: тексты лекций. М.: МГТУ ГА, 2013. 92 с.
4. Феоктистова Т.Г., Феоктистова О.Г., Наумова Т.В. Производственная санитария и гигиена труда: Учебное пособие. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2019. 382 с.
5. Феоктистова Т.Г., Фоминых М.Б. Безопасность жизнедеятельности. Пособие к выполнению лабораторной работы «Исследование искусственного освещения производственных помещений». М.: МГТУ ГА, 2007. 32 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Нормы освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях (фрагмент)  
 СП 52.13330 «Естественное и искусственное освещение»

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение				Естественное освещение		Совмещенное освещение														
						при системе комбинированного освещения	при системе общего освещения	Сочетание нормируемых величин объединенного показателя дискомфорта UGR и коэффициента пульсации	UGR, Кр, % не более	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении													
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000	500	-	19	10	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	6,0	2,0												
															4000	1250	19	10	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении						
																					2500	750	19	10	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении

## Продолжение приложения 1

Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000	400	-	22	10	-	4,2	1,5	
			б	Малый Средний	Средний Темный	3000	300	750	22	10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000	200	500	22	10				
			г	Средний Большой	Светлый Средний	1000	200	400	22	10				
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000	200	500	25	15	-	3,0	1,2	
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000	200	400	25	15				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750	200	300	25	15				
			г	Средний Большой	Светлый Средний	400	200	200	25	15				
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200	400	25	20	4,0	1,5	2,4	0,9
			б	Малый Средний	Средний Темный	500	200	300	25	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	200	25	20				
			г	Средний Большой	Светлый Средний	-	-	200	25	20				

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Коэффициенты использования светового потока для светильников с люминесцентными лампами

Тип светильника	Светильники группы 1						Светильники группы 2						Светильники группы 3						Светильники группы 4											
	70	70	50	30	0	0	70	70	50	30	0	0	70	70	50	30	0	0	70	70	50	30	0	0	70	70	50	30	0	0
$\rho_{\text{пл}}, \%$	70	50	30	10	0	0	70	50	30	10	0	0	70	50	30	10	0	0	70	50	30	10	0	0	70	50	30	10	0	0
$\rho_{\text{стр}}, \%$	50	50	30	10	0	0	50	50	30	10	0	0	50	50	30	10	0	0	50	50	30	10	0	0	50	50	30	10	0	0
$\rho_{\text{р}}, \%$	30	10	10	10	0	0	30	10	10	10	0	0	30	10	10	10	0	0	30	10	10	10	0	0	30	10	10	10	0	0
$i$	Коэффициенты использования, %																													
0,5	28	27	21	18	16	16	30	28	20	16	14	14	26	24	20	17	16	25	25	19	14	12	12	25	25	19	14	12	12	
0,6	33	32	25	22	20	20	34	32	24	20	18	18	32	31	25	21	20	31	29	22	18	16	16	31	29	22	18	16	16	
0,7	38	36	30	26	24	24	38	36	29	24	22	22	37	35	29	26	24	36	33	26	22	20	20	36	33	26	22	20	20	
0,8	42	39	33	29	28	28	42	40	32	27	24	24	41	38	32	28	27	39	36	30	25	22	22	39	36	30	25	22	22	
0,9	46	42	37	32	31	31	47	43	36	30	28	28	45	41	36	32	30	43	40	33	28	25	25	43	40	33	28	25	25	
1,0	49	45	40	35	34	34	50	46	39	33	30	30	48	44	39	35	33	46	43	36	30	28	28	46	43	36	30	28	28	
1,1	52	48	42	38	36	36	53	49	41	35	32	32	50	46	41	37	36	49	45	38	32	30	30	49	45	38	32	30	30	
1,25	55	50	45	40	39	39	56	52	44	38	35	35	53	48	43	39	38	52	47	40	35	32	32	52	47	40	35	32	32	
1,5	60	54	49	45	44	44	61	56	48	42	39	39	57	52	48	44	42	56	51	44	38	35	35	56	51	44	38	35	35	
1,75	63	57	52	48	47	47	65	59	52	46	42	42	60	55	51	47	45	59	54	47	42	38	38	59	54	47	42	38	38	
2	65	59	55	51	49	49	68	61	54	48	44	44	63	57	53	49	48	62	56	49	44	40	40	62	56	49	44	40	40	
2,25	68	62	57	53	52	52	70	64	56	50	46	46	65	59	55	51	50	64	58	51	46	42	42	64	58	51	46	42	42	
2,5	70	63	58	55	54	54	73	66	58	52	48	48	67	60	56	53	51	66	60	53	48	43	43	66	60	53	48	43	43	
3	73	65	61	58	56	56	76	68	60	55	50	50	70	62	58	55	54	69	62	55	50	45	45	69	62	55	50	45	45	
3,5	75	67	62	60	58	58	78	69	62	57	52	52	71	64	60	57	55	71	63	56	51	46	46	71	63	56	51	46	46	
4	77	68	64	61	59	59	80	71	64	59	53	53	73	65	61	59	57	73	64	58	53	48	48	73	64	58	53	48	48	
5	80	70	67	65	62	62	84	74	67	62	56	56	77	67	64	62	60	77	67	60	56	50	50	77	67	60	56	50	50	
$\Phi_{\text{н.сб}}, \%$	74																													
$\Phi_{\text{в.сб}}, \%$	0						16						66						66						59					
	0						16						0						16						16					

## Продолжение приложения 2

Тип светильника	Светильники группы 5					Светильники группы 7					Светильники группы 8					Светильники группы 9				
	70	50	30	0		70	50	30	0		70	50	30	0		70	50	30	0	
$\rho_{\text{н}}, \%$	70	50	30	0		70	50	30	0		70	50	30	0		70	50	30	0	
$\rho_{\text{ср}}, \%$	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0	50	50	30	10	0
$\rho_{\text{р}}, \%$	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0	30	10	10	10	0
$i$	Коэффициенты использования, %																			
0,5	22	18	13	11	9	19	19	14	11	8	23	20	20	17	10	21	19	19	16	11
0,6	25	23	17	14	12	23	22	18	15	10	28	26	24	20	14	24	23	22	18	14
0,7	28	27	20	16	15	26	25	21	18	11	32	30	28	24	17	28	26	25	21	18
0,8	31	29	23	19	17	29	27	23	20	13	35	33	30	26	19	30	28	27	24	20
0,9	34	32	26	21	19	32	30	25	22	14	38	35	33	29	21	33	30	30	26	22
1,0	37	34	28	23	21	34	32	27	24	15	41	38	35	31	23	35	32	32	28	24
1,1	39	36	30	25	23	36	34	28	26	16	43	40	37	33	25	37	34	33	30	26
1,25	42	38	32	27	25	38	36	30	28	17	45	41	38	35	27	39	36	35	32	28
1,5	46	42	36	30	28	42	38	32	30	19	49	45	42	38	30	42	38	38	35	31
1,75	49	44	38	33	30	45	41	34	32	20	52	47	44	41	32	45	41	40	37	33
2	51	46	40	39	32	47	42	36	34	21	54	49	45	42	33	46	42	41	39	35
2,25	53	48	42	37	34	49	44	37	35	22	56	51	47	44	35	48	44	42	40	36
2,5	55	50	43	39	35	50	45	39	36	23	58	52	48	46	36	50	45	44	41	38
3	58	52	45	41	37	53	47	40	38	24	60	54	50	48	38	52	46	45	43	40
3,5	60	53	47	43	39	54	48	41	39	24	62	55	51	49	39	53	47	46	44	41
4	61	54	48	44	40	56	49	42	40	25	64	56	52	50	40	54	48	47	45	42
5	65	57	51	48	43	59	51	44	42	26	67	59	54	53	43	57	50	49	47	44
$\Phi_{\text{н.сб}}, \%$	55					31					53					53				
$\Phi_{\text{в.сб}}, \%$	10					34					14					0				

Значения коэффициента запаса

Помещения и территории	Значения коэффициента запаса	Искусственное освещение			Естественное освещение			
		Коэффициент запаса Кз			Коэффициент запаса Кз			
		Эксплуатационная группа светильников	Угол наклона свето- пропускающего материала к горизонту, градусы	Угол наклона свето- пропускающего материала к горизонту, градусы	Эксплуатационная группа светильников	Угол наклона свето- пропускающего материала к горизонту, градусы	Угол наклона свето- пропускающего материала к горизонту, градусы	
1	2	1-4	5-6	7	0-15	16-45	46-75	76-90
		3	4	5	6	7	8	
1. Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне: а) св. 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти	Примеры помещений	2,0	1,7	1,6	2,0	1,8	1,7	1,5
б) от 1 до 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти	Агломерационные фабрики, цементные заводы и обрубные отделения литейных цехов	1,8	1,6	1,6	1,8	1,6	1,5	1,4
в) менее 1 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти	Цехи кузнечные, литейные, мартеновские, сборного железобетона	1,5	1,4	1,4	1,6	1,5	1,4	1,3
г) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот, щелочей, а также обладающих большой коррозирующей способностью	Цехи инструментальные, сборочные, механические, механосборочные, пошивочные	1,8	1,6	1,6	2,0	1,8	1,7	1,5
	Цехи химических заводов по выработке кислот, щелочей, едких химических реактивов, ядохимикатов, удобрений, цехи гальванических покрытий и различных отраслей промышленности с применением электролиза	1,8	1,6	1,6	2,0	1,8	1,7	1,5



1	2	3	4	5	6	7	8
2. Производственные помещения с особым режимом по чистоте воздуха при обслуживании светильников: а) с технического этажа б) снизу из помещения		1,3 1,4					
3. Помещения общественных и жилых зданий: а) пыльные, жаркие и сырые б) с нормальными условиями среды	Горячие цехи предприятий общественного питания, охлаждаемые камеры, помещения для приготовления растворов в прачечных, душевые и т.д. Кабинеты и рабочие помещения, жилые комнаты, учебные помещения, лаборатории, читальные залы, залы совещаний, торговые залы и т.д.	1,7 1,4	1,6 1,4	1,6 1,4	2,0 1,5	1,8 1,4	1,7 1,3
4. Территории с воздушной средой, содержащей: а) большое количество пыли (более 1 мг/м <sup>3</sup> ) б) малое количество пыли (менее 1 мг/м <sup>3</sup> )	Территории металлургических, химических, горнодобывающих предприятий, шахт, рудников, железнодорожных станций и прилегающих к ним улиц и дорог Территории промышленных предприятий, кроме указанных в подпункте "а" и общественных зданий	1,5	1,5	1,5	-	-	-

**Распределение люминесцентных светильников на группы  
с усредненными светотехническими характеристиками**

Характеристика светильников	Светильники, относящиеся к данной группе	Номер группы
Подвесные диффузные светильники для производственных помещений:		
▪ без перфорации и решетки	ПВЛМ-9, ЛД, ЛСП06, ЛСП02	1
▪ с перфорацией без решетки	ПВЛМ-ДО, ЛДО, ЛСП13	2
▪ без перфорации с решеткой	ПВЛМ-ДР, ЛДР, ЛСП07	3
▪ с перфорацией и решеткой	ПВЛМ-ДОР, ЛДОР, ЛСП15	4
Подвесные пылеводо- защищенные светильники с рассеивающим стеклом	ПВЛП, ПВЛ1	5
Подвесные взрывозащищенные светильники с отражателем	НОГЛ, НОДЛ	6
Подвесные светильники рассеянного света с решетками	ЛС002	7
Встроенные и потолочные светильники,	ЛПП01, ЛПП02	8
Излучающие часть светового потока в верхнюю полусферу с рассеивателями	Л201Б440-18М, Л201Б420-02М	9
	Л201Г220-26, Л201Г240-26	10
	ЛВ031, ЛВ001	11
Встроенные потолочные светильники, не имеющие излучения в верхней полусфере:	УСП3, УСП5, УСП11, УСП18, УСП31 (двухламповые)	12
	УСП3, УСП5, УСП11, УСП18, УСП31 (четырёх- и шестиламповые)	13
С рассеивателями	ОВЛ, УВЛН1, УВЛВ1, УВЛН2, УВЛВ2	14
С решетками	УСП2, УСП4, УСП9, АВ031	15
Одноламповые настенные или потолочные светильники	ОЛС1, ОЛС4, ЛПОО3 (01) ВЛ-1, ЛПО03(03), ЛПО02(01)	20 21
Встроенные и потолочные светильники с зеркальными отражателями с решеткой	ЛВОВ(01), ЛПО13(01)	22
Подвесные светильники с зеркальными отражателями	ЛСПО1-2х80(01) ЛСПО1-2х150(09)	23
С решеткой и перфорацией	ЛСПО1-2х80(03), ЛСПО1-2х150(11)	24
С перфорацией без решетки	ЛСПО1-2х80(04), ЛСПО1-2х150(12)	25
Без решетки с перфорацией	ЛСПО1-2х80(02), ЛСПО1-2х150(10)	26

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Приблизительные значения коэффициентов  
отражения стен и потолка

Характер отражающей поверхности	Коэффициент отражения, %
Побеленный потолок; побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Побеленные стены при не завешенных окнах; побеленный потолок в сырых помещениях; чистый бетонный и светлый деревянный потолок	50
Бетонный потолок в грязных помещениях; деревянный потолок; бетонные стены с окнами; стены, оклеенные светлыми обоями	30
Стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; красный кирпич не оштукатуренный; стены с темными обоями	10

## ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Технические данные люминесцентных ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение, В	Ток лампы, А	Световой поток, лм	Длина лампы, мм	Диаметр лампы, мм
ЛДЦ-20	20	57	0,37	820	604	40
ЛД-20	20	57	0,37	920	604	40
ЛХБ-20	20	57	0,37	935	604	40
ЛТБ-20	20	57	0,37	975	604	40
ЛБ-20	20	57	0,37	1180	604	40
ЛДЦ-30	30	104	0,36	1450	908	27
ЛД-30	30	104	0,36	1640	908	27
ЛХБ-30	30	104	0,36	1720	908	27
ЛТБ-30	30	104	0,36	1720	908	27
ЛБ-30	30	104	0,36	2100	908	27
ЛДЦ-40	40	103	0,43	2100	1213	40
ЛД-40	40	103	0,43	2340	1213	40
ЛХБ-40	40	103	0,43	2600	1213	40
ЛТБ-40	40	103	0,43	2580	1213	40
ЛБ-40	40	103	0,43	3000	1213	40
ЛДЦ-65	65	110	0,67	3050	1514	40
ЛД-65	65	110	0,67	3570	1514	40
ЛХБ-65	65	110	0,67	3820	1514	40
ЛТБ-65	65	110	0,67	3980	1514	40
ЛБ-65	65	110	0,67	4550	1514	40
ЛДЦ-80	80	102	0,86	3560	1514	40
ЛД-80	80	102	0,86	4070	1514	40
ЛХБ-80	80	102	0,86	4440	1514	40
ЛТБ-80	80	102	0,86	4440	1514	40
ЛБ-80	80	102	0,86	5220	1514	40

**СОДЕРЖАНИЕ**

	Стр.
1.1. Содержание и порядок выполнения работы.....	3
1.2. Основные термины и определения.....	4
1.3. Краткая теоретическая часть.....	6
1.4. Применяемые приборы и установки.....	12
1.5. Порядок выполнения работы.....	17
Форма отчета по лабораторной работе.....	22
Контрольные вопросы.....	26
Литература.....	27
Приложение 1.....	28
Приложение 2.....	30
Приложение 3.....	32
Приложение 4.....	34
Приложение 5.....	35
Приложение 6.....	35