



И. Э. Ольховка

Производственное освещение

Екатеринбург
2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

Кафедра механической обработки древесины
и производственной безопасности

И. Э. Ольховка

Производственное освещение

Методические указания предназначены
для студентов всех специальностей очной, заочной
и дистанционной форм обучения
по дисциплине
«Безопасность жизнедеятельности»

Екатеринбург
2021

Печатается по решению методической комиссии института ХТИ
Протокол № 1 от 2 октября 2020

Рецензент – д-р техн. наук, доцент И. В. Яцун

Редактор Н. В. Рощина
Оператор компьютерной верстки Т. В. Упова

Подписано в печать 29.09.2021		Поз. 18
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ №	Печ. л. 1,9	Цена руб. коп.

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Сектор оперативной полиграфии УГЛТУ

СОДЕРЖАНИЕ

Принципы нормирования естественного освещения	4
Лабораторная работа № 1	4
Искусственная освещенность на рабочих местах внутри производственных помещений	9
Лабораторная работа № 2	9
Эффективность и качество освещения	16
Лабораторная работа № 3	16
Приложение	28

ПРИНЦИПЫ НОРМИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Лабораторная работа № 1

Цель работы. Ознакомиться с принципами нормирования естественного освещения, с приборами и методами определения состояния естественного освещения на рабочих местах.

Общие сведения

Достаточное освещение приводит к снижению производственного травматизма и повышению производительности труда. Недостаточное освещение приводит к снижению зрительной способности глаза, постоянному перенапряжению органов зрения, в результате чего человек быстро утомляется.

Освещение производственных помещений может быть естественным, искусственным и совмещенным.

Естественным освещением помещений называется освещение, создаваемое прямым солнечным светом, рассеянным светом небосвода и отраженным от земли и прилегающей растительности и строений светом, который проникает через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях зданий.

Естественное освещение предусматривается в помещениях с постоянным пребыванием людей.

Естественное освещение производственных помещений может быть:

1) боковым, проникающим через световые проемы в наружных стенах, – *двустороннее*, и через световые проемы в наружной стене – *одностороннее*;

2) верхним, проникающим через фонари, световые проемы в покрытиях, а также через проемы в стенах, в местах перепада высот здания;

3) комбинированным при сочетании верхнего и бокового освещения.

В зданиях с недостаточным естественным освещением применяют *совмещенное освещение* – сочетание естественного и искусственного света. Искусственное освещение в системе совмещенного освещения может функционировать постоянно (в зонах с недостаточным естественным освещением) или включаться с наступлением сумерек.

Нормирование естественного освещения

Трудно установить норму освещенности в люксах при естественном освещении, так как оно постоянно меняется во времени (сумерки – полдень, зима – лето), поэтому принята отвлеченная единица измерения – коэффициент естественной освещенности (КЕО), который показывает, какой процент естественного освещения от общего естественного освещения на улице попадает в помещение.

КЕО – это отношение освещенности в какой-то заданной точке помещения к величине, одновременно замеренной освещенности в наружной точке, находящейся в той же горизонтальной плоскости и освещенной рассеянным светом небосвода, т.е.

$$e_{\phi} = \frac{E_{вн}}{E_{нар}} \cdot 100\%. \quad (1)$$

При боковом одностороннем освещении $E_{вн}$ – это минимальное освещение в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов (рис. 1, а). При двустороннем освещении $E_{вн}$ измеряется в точке посередине помещения, так как в середине помещения самая низкая естественная освещенность (рис. 1, б). При верхнем и комбинированном освещении $E_{вн}$ берется как среднее значение бокового и верхнего освещения (рис. 1, в, г).

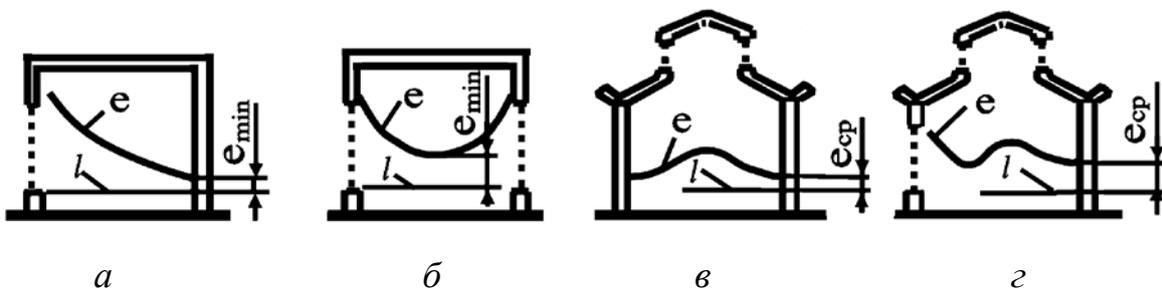


Рис. 1. Схемы распределения КЕО по характерному разрезу помещения:
 а – при боковом одностороннем освещении; б – при боковом двустороннем;
 в – при верхнем освещении; г – при комбинированном освещении

В отечественной практике нормирование КЕО осуществляют по двум направлениям: путем разработки общих норм для всех производственных помещений по обобщенным характеристикам зрительных работ или путем установления нормируемого значения КЕО для конкретного цеха, участка, помещения.

В соответствии с этим разработаны нормы (СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95) и нормы по конкретным отраслям промышленности.

В обоих случаях при боковом освещении регламентируется минимальное значение КЕО.

КЕО в соответствии с СП 52.13330.2011 (СНиП 23-05-95) нормируется в зависимости от:

- характеристики зрительной работы, определяемой *наименьшим размером объекта различения*;
- вида естественного освещения (прил., табл. 1).

В зависимости от характеристики зрительной работы, которая зависит от наименьшего размера объекта различения, устанавливается разряд зрительной работы. Чем меньше объект различения, тем выше разряд зрительной работы. Самый высокий разряд зрительной работы (I) устанавливается для очень точных работ, где размер наименьшего различения менее 0,15 мм (например, работа с оптическими приборами) и самый низкий разряд (V), где самые грубые работы и размер наименьшего различения более 5 мм (например, работа уборщицы).

Пример. Так, например, при чтении печатного текста наименьшим объектом различения является толщина букв, а не их высота (разряд IV). Для студента, который не только читает печатный текст, но и пишет конспект в тетради, наименьшим размером различения будет являться толщина линии клеточки или линейки (разряд III).

Приборы для измерения освещения

При проведении лабораторной работы используется люксметр Ю-16.
Технические данные.

Фотоэлектрический многодиапазонный прибор с отдельным фотоэлементом предназначен для измерения освещенности в производственных, служебных и других помещениях.

Диапазоны измерений: 5...25; 20...100; 100...500 Лк с открытым фотоэлементом;

500...2500; 2000...10000; 10000...50000 Лк с применением поглотителя (светофильтра).

Коэффициент ослабления поглотителя равен 100 (+5 %).

Устройство и принцип работы люксметра

Люксметр (рис. 2) состоит из фотоэлемента, преобразующего фотоэлемент под действием светового потока, создает ЭДС и поэтому не нуждается в источнике напряжения. При облучении световой поток проходит через полупрозрачный слой, который служит анодом фотоэлемента.

В это время из слоя селена освобождаются электроны, которые перемещаются в направлении, обратном световому потоку, и возвращаются через внешнюю цепь, вызывая отклонение стрелки измерителя.

Измеритель люксметра состоит из прибора магнитоэлектрической системы, указателя в виде стрелки и из электрической цепи, содержащей резисторы и переключатели диапазонов измерений.

Шкала измерений имеет три ряда отсчета. Соответственно переключению переключателя диапазон измерений будет:

5–25 Лк;
20–100 Лк;
100–500 Лк

(цена деления каждого ряда различна).

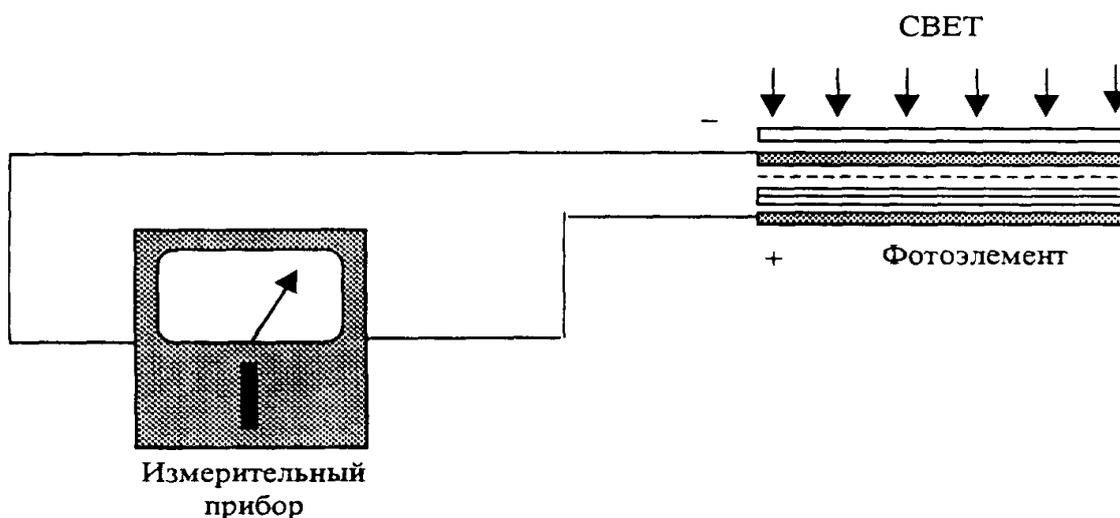


Рис. 2. Принцип работы люксметра

Порядок выполнения работ

1. Провести замер величин освещенности внутри помещения и снаружи здания.

– При одностороннем боковом освещении $E_{вн}$ определяется в точке, расположенной на расстоянии метр от стены, наиболее удаленной от световых проемов. Точку берут на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности, проходящей на высоте 0,8 метра от уровня пола.

– В силу сложности определения освещенности снаружи здания замер произвести в непосредственной близости от окна.

– При дистанционном выполнении работы освещенность внутри помещения ($E_{вн}$) и освещенность наружная ($E_{нар}$) даны в таблице заданий (табл. 2).

2. Рассчитать фактическое значение КЕО (формула 1).

3. Определить нормативное значение КЕО (прил., табл. 1).

4. Результаты работы свести в табл. 1.

Таблица 1

Разряд зрительной работы	$E_{вн}$, Лк	$E_{нар}$, Лк	КЕО факт.	КЕО норм, %

5. Сделать вывод о достаточности или недостаточности естественного освещения в помещении.

Задание к лабораторной работе № 1

Таблица 2

№ варианта	Разряд зрительной работы	Освещенность внутри помещения ($E_{вн}$), Лк	Освещенность наружная ($E_{нар}$), Лк	Вид естественного освещения
1	II	50	3000	Совмещенное боковое
2	III	40	4000	Совмещенное боковое
3	III	80	5000	Совмещенное боковое
4	IV	40	10000	Совмещенное боковое
5	IV	50	7000	Естественное боковое
6	V	20	8000	Естественное боковое
7	IV	30	5000	Естественное боковое
8	II	60	3000	Естественное боковое
9	III	40	4000	Естественное боковое
10	III	30	5000	Естественное боковое
11	IV	50	6000	Совмещенное боковое
12	IV	20	5000	Совмещенное боковое
13	V	30	8000	Совмещенное боковое
14	IV	40	7000	Совмещенное боковое
15	II	60	3000	Естественное боковое
16	III	80	5000	Естественное боковое
17	III	30	4000	Естественное боковое
18	IV	10	3000	Естественное боковое
19	IV	20	2000	Естественное боковое
20	V	30	6000	Естественное боковое
21	IV	60	5000	Естественное боковое
22	III	50	3000	Естественное боковое
23	IV	30	4000	Естественное боковое

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Какие виды естественного освещения вы знаете?
2. Каким параметром оценивается естественная освещенность?
3. Коэффициент естественной освещенности – это ...
4. Коэффициент естественной освещенности нормируется в зависимости от ...
5. Какое значение коэффициента естественной освещенности нормируется при одностороннем естественном освещении?
6. Будет ли изменяться КЕО (коэффициент естественной освещенности) в одном и том же помещении в течение дня?
7. Что называется совмещенным освещением?
8. Единица измерения коэффициента естественной освещенности?
9. Когда следует считать естественную освещенность достаточной?

ИСКУССТВЕННАЯ ОСВЕЩЕННОСТЬ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ ВНУТРИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Лабораторная работа № 2

Цель работы. Ознакомиться с принципами нормирования искусственного освещения, с прибором и методами расчета освещения.

Общие сведения

Большое значение для гигиены зрения имеет правильная освещенность рабочих мест. Освещение, не соответствующее условиям работы, вызывает повышенную утомляемость, замедляет психические реакции, в некоторых случаях ведет к ухудшению и даже потере зрения и может явиться косвенной причиной травматизма.

Различают естественное, искусственное и совмещенное освещение.

Искусственное освещение формируется общей и комбинированной системами освещения. Общая система освещения предназначена для освещения всего помещения в целом.

В зависимости от расположения светильников различают равномерное и локализованное общее освещение.

При общем равномерном освещении светильники размещают в верхней зоне помещения равномерно, обеспечивая тем самым одинаковую освещенность всего помещения.

При общем локализованном освещении светильники размещают с учетом расположения технологического оборудования.

Комбинированная система освещения состоит из общего и местного освещения. Общее освещение обеспечивает освещение проходов и участков, где работы не проводятся, а местное освещение уместно непосредственно на рабочих местах.

Следует учитывать, что экономичнее комбинированная система освещения, но в гигиеническом отношении система общего освещения совершеннее, так как позволяет создать более благоприятное распределение яркости в поле зрения.

В соответствии со СП 52.13330.2011 «Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95» искусственное освещение по функциональному назначению подразделяется на рабочее, аварийное и охранное. При необходимости часть светильников того или иного вида освещения может использоваться для дежурного освещения.

Рабочее освещение обеспечивает необходимые условия для выполнения работы.

Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное.

Освещение безопасности включается при аварийном отключении рабочего освещения для продолжения работы.

Эвакуационное освещение включается при аварийном отключении рабочего освещения для эвакуации людей из помещения.

Охранное освещение – разновидность рабочего освещения, устраивается по периметру территории предприятия, а также территории некоторых общественных зданий.

Дежурное освещение – освещение в нерабочее время.

Нормирование искусственного освещения

В отечественной практике нормирование освещенности осуществляют по двум направлениям: путем разработки общих норм для всех производственных помещений по обобщенным характеристикам зрительных работ или путем установления нормируемой освещенности для конкретного цеха, участка. В соответствии с этим разработаны общесоюзные нормы освещения (СП 52.13330. 2011) и нормы по конкретным отраслям промышленности. В обоих случаях регламентируется минимальная освещенность на рабочих поверхностях (на наиболее темном их участке), т. е. на поверхностях, на которых или на фоне которых расположены объекты различения.

Освещенность при рабочем освещении в соответствии со СП 52.13330.2011 нормируется в зависимости от характеристики зрительной работы, определяемой наименьшим размером объекта различения,

характеристикой фона и контрастом объекта различения с фоном, а также с учетом применяемой системы освещения (прил., табл. 1).

Нормы составлены для расстояний детали от глаза не более 500 мм. При расстоянии от объекта различения до глаза, работающего более 0,5 м, разряд зрительной работы устанавливается с учетом углового размера объекта различения, определяемого отношением минимального размера объекта различения к расстоянию от этого объекта до глаз работающего.

Для газоразрядных ламп нормы освещенности выше, чем для ламп накаливания из-за большей светоотдачи этих ламп. Так, при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенность.

Наименьшим объектом различения, к примеру, при чтении печатного текста является толщина букв, а не их высота.

Фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения. Фон считается:

- светлым – при коэффициенте отражения поверхности более 0,4 (т. е. более 40 %);
- средним – при коэффициенте отражения от 0,2 до 0,4 (20–40 %);
- темным – при коэффициенте отражения менее 0,2 (менее 20 %).

Контраст объекта различения с фоном (К) определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта различения и фоном к яркости фона.

Контраст объекта различения с фоном считается:

- большим – при К более 0,5 (объект и фон резко отличаются по яркости);
- средним – при К от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются друг от друга);
- малым – при К менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости).

Система комбинированного освещения как более эффективная имеет нормы освещенности выше, чем для общего освещения.

Люксметр

Исследование количественной стороны осветительных условий осуществляется путем измерения освещенности с помощью люксметров Ю-16, ЛМ-3, Ю-116.

1. Технические данные.

Фотоэлектрический многодиапазонный переносный прибор с отдельным фотоэлементом для измерения освещенности.

Диапазоны изменений: 5–25, 20–100, 100–500 Лк с применением поглотителя (светофильтра) (коэффициент поглотителя равен 100 (± 5 %)): 500–2500, 2000–10000, 10000–50000 Лк.

2. Устройство и работа люксметра.

Люксметр состоит из фотоэлемента, преобразующего световую энергию в электрическую, и прибора, измеряющего электродвижущую силу, вырабатываемую фотоэлементом при его освещении.

Селеновый фотоэлемент под действием светового потока создает ЭДС и поэтому не нуждается в источнике питания. При облучении световой поток проходит через полупрозрачный слой, который служит анодом фотоэлемента.

В это время из слоя селена освобождаются электроны, которые перемещаются в направлении, обратном световому потоку, и возвращаются через внешнюю цепь, вызывая отклонение стрелки измерителя.

Измеритель люксметра состоит из прибора магнитоэлектрической системы с внутрирамочным магнитом с подвижной частью на растяжках и указателем в виде стрелки и из электрической цепи, содержащей резисторы и переключатели диапазонов измерений (см. рис. 2).

Расчет искусственного освещения

Расчет искусственного освещения сводится к выбору системы освещения, определения типа и группы светильников.

Методы расчета делятся на две группы:

- а) расчет по световому потоку;
- б) точечные методы.

Первая группа включает: метод коэффициента использования; метод удельной мощности, упрощенная форма метода коэффициента использования, позволяющая определить световой поток ламп, необходимый для создания заданной освещенности горизонтальной рабочей плоскости при общем равномерном освещении с учетом потока, отраженного от стен, и потолка помещения и расчетной поверхности.

Точечные методы расчета позволяют определить освещенность в любой точке рабочей плоскости, независимо от ее положения в пространстве.

1. Метод коэффициента использования

При этом методе расчета световой поток электролампы ($F_{л}$) заданной освещенности определяется по формуле

$$F_{л} = \frac{E_{\min} k S_n Z}{n_{л} \eta_{л}}, \quad (2)$$

где E_{\min} – минимальная освещенность, определенная по люксметру в лаборатории или выданная в задании по варианту;

k – коэффициент запаса, учитывающий наличие пыли (для газоразрядных ламп $k=1,5$);

S_n – площадь пола помещения, м²;

Z – является функцией многих переменных, вычисление его точных значений затруднительно (иногда называемый коэффициентом минимальной освещенности).

С достаточным приближением можно принимать Z при освещении лампами накаливания и ДРЛ около 1,15, а при освещении рядами люминесцентных ламп около 1,1;

$h_{л}$ – число ламп в светильниках;

$\eta_{л}$ – коэффициент использования светового потока в долях единицы в зависимости от индекса помещений, группы светильника, коэффициента отражения от стен, потолка и пола.

2. Метод удельной мощности

Этот метод применяется для приближенных и проверочных расчетов определения потребной мощности ламп по формуле

$$W_{л} = \frac{WS_n}{n}, \quad (3)$$

где W – удельная мощность (прил., табл. 2). В таблице удельная мощность приводится только для освещенности 100 Лк, так как в данном случае имеет место прямая пропорциональность между E и W ;

S_n – площадь помещений;

n – количество ламп в светильниках.

Порядок проведения работы

С помощью люксметра необходимо произвести замер искусственной минимальной освещенности на рабочем месте в лаборатории. При дистанционном выполнении работы измеренная освещенность дана в таблице заданий (табл. 4).

Рассчитать световой поток одной лампы (при замеренной или данной в задании освещенности) по формуле 2.

Подобрать тип лампы, который у нас установлен в лаборатории по наиболее подходящему расчетному световому потоку лампы, которые выпускаются промышленностью (прил., табл. 3). Заполняем первую строчку табл. 3. Получаем тип лампы, который установлен фактически в помещении (лаборатории).

Далее заполняем строку 2 табл. 3. Зная разряд и подразряд зрительной работы (исходные данные) и систему искусственного освещения (общее равномерное), нужно выбрать нормативную освещенность для указанного помещения (прил. табл. 1). Принимаем, что фон объекта – средний, а контраст различения объекта с фоном – малый. Получаем нормативную

освещенность, которую сравниваем с фактической (данной в задании) и делаем вывод о том, что освещенность в помещении достаточная или недостаточная.

Далее нужно рассчитать световой поток лампы, который должен быть при нормативной освещенности (формула 2), и выбрать тип лампы (прил. табл. 3), который должен быть установлен в помещении по норме. Занести полученные данные в табл. 3 (вторая строка таблицы).

Затем заполняем третью строку.

Применим для расчета упрощенный метод коэффициента использования – «метод удельной мощности». Для этого находится значение удельной мощности в зависимости от группы светильника, типа лампы и высоты подвеса светильника и площади помещения. При дистанционном обучении для освещенности 100 люкс удельная мощность принимается равной 3,6 Вт. Если нормативная освещенность составляет 300 Лк, то 3,6 умножаем на 3, если – 400 Лк, то умножаем на 4, если освещенность нормативная составляет 750 Люкс, то 3,6 умножаем на 7,5.

Рассчитываем мощность лампы по формуле 3 (метод удельной мощности). По прил. табл. 3 нужно выбрать мощность лампы, которая выпускается промышленностью, но она должна быть не ниже рассчитанной мощности лампы. Так, например, если мощность лампы получилась 12 Вт, то выбираем любую лампу мощностью в 15 Вт. Заполняем третью строку в табл. 2.

Таблица 3

Метод расчета	$S_n, \text{ м}^2$	n	$E, \text{ Лк}$	$F, \text{ Лм}$	$W, \text{ Вт}$	Выбранный тип лампы
По методу коэффициента использования светового потока освещенность (E), измеренная люксметром или данная в задании (формула 2)						
По методу коэффициента использования светового потока при нормативной освещенности (E) (по СанПиНу) (формула 2)						
По методу удельной мощности (формула 3)						

Выводы.

1. Искусственная освещенность в помещении достаточная или нет. Для этого надо сравнить фактическую освещенность в лаборатории с нормативной.

2. Фактически установленные в помещении лампы (марка и мощность лампы), рассчитанные по методу коэффициента использования светового потока, соответствуют ли марке лампы, которая должна быть установлена в помещении по норме.

3. Соответствует ли мощность лампы, рассчитанная по методу удельной мощности, мощности лампы, рассчитанной по методу коэффициента светового потока.

Исходные данные для лабораторной работы № 2

Таблица 4

№ варианта	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы*	Площадь помещения, м ²	Число ламп в светильниках	Освещенность минимальная измеренная, Лк	Коэффициент использования светового потока
1	III	б	6x7	36	400	0,7
2	III	б	6x7	36	400	0,57
3	III	б	6x7	36	400	0,49
4	III	б	6x7	36	400	0,54
5	III	б	6x7	36	400	0,51
6	III	б	6x7	36	400	0,48
7	III	б	6x7	36	400	0,47
8	III	б	6x7	36	400	0,44
9	II	б	6x7	36	400	0,7
10	II	б	6x7	36	400	0,57
11	II	б	6x7	36	400	0,49
12	II	б	6x7	36	400	0,54
13	II	б	6x7	36	400	0,51
14	II	б	6x7	36	400	0,48
15	II	б	6x7	36	400	0,47
16	II	б	6x7	36	400	0,44
17	IV	б	6x7	36	400	0,7
18	IV	б	6x7	36	400	0,57
19	IV	б	6x7	36	400	0,49
20	IV	б	6x7	36	400	0,54
21	IV	б	6x7	36	400	0,51
22	IV	б	6x7	36	400	0,48
23	IV	б	6x7	36	400	0,47
24	IV	б	6x7	36	400	0,44

* Принимаем, что для определения нормативной освещенности подразряд зрительной работы у всех вариантов будет одинаковый: фон объекта – средний, а контраст различения объекта с фоном – малый.

** В исследуемом помещении система искусственного освещения общая.

*** В помещении установлены светильники группы 1.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Виды искусственного освещения по функциональному назначению, это ...
2. Системы искусственного освещения – это ...
3. Какая освещенность рабочих поверхностей нормируется при искусственном освещении?
4. Чтобы выбрать норму искусственной освещенности по нормативному документу, нужно знать ...
5. Какие параметры характеризуют зрительную работу?
6. Какой метод расчета искусственной освещенности является наиболее точным и позволят определить необходимый световой поток ламп с учетом света, отраженного стенами, потолком и полом?
7. Какой метод расчета искусственной освещенности является наиболее простым, наименее точным и применяется при ориентировочных расчетах?

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОСВЕЩЕНИЯ

Лабораторная работа № 3

Цель работы. Изучение количественных и качественных характеристик освещения, оценка влияния типа светильника и цветовой отделки интерьера помещения на освещенность и коэффициент использования светового потока.

Общие сведения

Освещение – получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Оно влияет на настроение и самочувствие, определяет эффективность труда.

Рациональное освещение помещений и рабочих мест – одно из важнейших условий создания благоприятных и безопасных условий труда.

Около 80 % из общего объема информации человек получает через зрительный аппарат. Качество получаемой информации во многом зависит от освещения: неудовлетворительное в количественном или качественном отношении освещение не только утомляет зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Нерационально организованное освещение может, кроме того, явиться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие источники света и блики от них, резкие тени и пульсации

освещенности ухудшают видимость и могут вызвать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта.

В зависимости от источника света освещение может быть трех видов: естественное, искусственное и совмещенное (смешанное).

Светотехнические характеристики освещения

Для гигиенической оценки освещения используются светотехнические характеристики, принятые в физике.

Видимое излучение – участок спектра электромагнитных колебаний в диапазоне длин волн от 380 до 770 Нм ($1 \text{ Нм} = 10^{-9} \text{ м}$), регистрируемых человеческим глазом.

Световой поток F – мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому ею зрительному ощущению. За единицу светового потока принят люмен (Лм).

Сила света I_a – пространственная плотность светового потока, т. е.

$$I_a = dF/d\omega, \quad (4)$$

где dF – световой поток (Лм), равномерно распределяющийся в пределах телесного угла $d\omega$.

Единица измерения силы света – кандела (кд), равная световому потоку в 1 Лм (люмен), распространяющемуся внутри телесного угла в 1 стерадиан.

Освещенность – поверхностная плотность светового потока, люкс (лк), т. е.

$$E = dF/dS, \quad (5)$$

где dS – площадь поверхности (м^2), на которую падает световой поток dF .

Яркость B – поверхностная плотность силы света в заданном направлении. Яркость, являющаяся характеристикой светящегося тела или участка его поверхности, равна отношению силы света в каком-либо направлении к площади проекции, излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению. Единицей измерения яркости является $\text{кд}/\text{м}^2$, это яркость такой плоской поверхности, которая в перпендикулярном направлении излучает силу света в 1 кд с площади 1 м^2 .

Искусственное освещение

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых испытывается недостаток естественного света, а также для освещения помещения в те часы суток, когда естественная освещенность отсутствует.

По принципу организации искусственное освещение можно разделить на два вида: общее и комбинированное.

Общее освещение предназначено для освещения всего помещения, оно может быть равномерным или локализованным. Общее равномерное освещение создает условия для выполнения работ в любом месте освещаемого пространства. При общем локализованном освещении светильники размещают в соответствии с расположением оборудования, что позволяет создавать повышенную освещенность на рабочих местах.

Комбинированное освещение состоит из общего и местного. Его целесообразно устраивать при работах высокой точности, а также при необходимости создания в процессе работы определенной направленности светового потока. Местное освещение предназначено для освещения только рабочих поверхностей и не создает необходимой освещенности даже на прилегающих к ним участках. Оно может быть стационарным и переносным. Применение только местного освещения в производственных помещениях запрещается.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное.

Рабочее освещение предусматривается для всех помещений производственных зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Аварийное освещение в помещениях и на местах производства работ необходимо предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса или работы объектов жизнеобеспечения. Наименьшая освещенность, создаваемая аварийным освещением, должна составлять 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 Лк внутри зданий и не менее 1 Лк для территории предприятий.

Эвакуационное освещение следует предусматривать в местах, отведенных для прохода людей, в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей в количестве более 50 человек. Это освещение должно обеспечивать на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц освещенность не менее 0,5 Лк в помещениях и 0,2 Лк на открытой территории.

Охранное освещение предусматривается вдоль границ территории, охраняемой в ночное время. Охранное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 Лк на уровне земли.

Источники искусственного освещения

В качестве источников искусственного освещения применяются лампы накаливания и газоразрядные лампы.

В лампах накаливания источником света является раскаленная вольфрамовая проволока. Эти лампы дают непрерывный спектр излучения

с повышенной (по сравнению с естественным светом) интенсивностью в желто-красной области спектра. По конструкции лампы накаливания бывают вакуумные, газонаполненные, бесспиральные (галогенные).

Общим недостатком ламп накаливания является сравнительно небольшой срок службы (менее 2000 часов) и малая световая отдача (отношение создаваемого лампой светового потока к потребляемой электрической мощности) (8–20 Лм/Вт). В промышленности они находят применение для организации местного освещения.

Наибольшее применение в промышленности находят газоразрядные лампы низкого и высокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления, называемые люминесцентными, содержат стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором, наполненную дозированным количеством ртути (30–80 мг) и смесью инертных газов под давлением около 400 Па. На противоположных концах внутри трубки размещаются электроды, между которыми при включении лампы в сеть возникает газовый разряд, сопровождающийся излучением преимущественно в ультрафиолетовой области спектра. Это излучение, в свою очередь, преобразуется люминофором в видимое световое излучение. В зависимости от состава люминофора люминесцентные лампы обладают различной цветностью.

В последние годы появились газоразрядные лампы низкого давления со встроенным высокочастотным преобразователем. Газовый разряд в таких лампах (называемый вихревым) возбуждается на высоких частотах (десятки кГц), за счет чего обеспечивается очень высокая светоотдача.

К газоразрядным лампам высокого давления (0,03–0,08 МПа) относят дуговые ртутные лампы (ДРЛ). В спектре излучения этих ламп преобладают составляющие зелено-голубой области спектра.

Основными достоинствами газоразрядных ламп является их долговечность (свыше 10000 часов), экономичность, малая себестоимость изготовления, благоприятный спектр излучения, обеспечивающий высокое качество цветопередачи, низкая температура поверхности. Светоотдача этих ламп колеблется в пределах от 30 до 105 Лм/Вт, что в несколько раз превышает светоотдачу ламп накаливания.

Нормирование искусственного освещения

Наименьшая освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях устанавливается в зависимости от характеристики зрительной работы и регламентируется строительными нормами и правилами СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Характеристика зрительной работы определяется минимальным размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и свойствами фона.

Объект различения – рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые следует контролировать в процессе работы.

Фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается светлым при коэффициенте отражения ρ светового потока поверхностью более 0,4; средне светлым при коэффициенте отражения от 0,2 до 0,4; темным при коэффициенте отражения менее 0,2.

Контраст объекта различения с фоном (K) определяется отношением абсолютной величины разности яркостей объекта B_o и фона B_ϕ к наибольшей из этих двух яркостей. Контраст считается большим при значениях K более 0,5; средним – при значениях K от 0,2 до 0,5; малым – при значениях K менее 0,2.

В соответствии со СНиП 23-05-95 все зрительные работы делятся на 8 разрядов в зависимости от размера объекта различения и условий зрительной работы. Допустимые значения наименьшей освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях в соответствии со СНиП 23-05-95 (прил. табл. 1). В зарубежных нормах размер объекта различения часто указывают в угловых минутах.

Кроме цветности источников света и цветовой отделки интерьера, влияющих на субъективную оценку освещения, важным параметром, характеризующим качество освещения, является коэффициент пульсации освещенности и показатель ослепленности.

Коэффициент пульсации освещенности K_n , (%) – это критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током, выражающийся формулой

$$K_n = (E_{\max} - E_{\min}) / 2E_{\text{ср}} \cdot 100 \%, \quad (6)$$

где E_{\max} – максимальное значение освещенности за период ее колебания, Лк;

E_{\min} – минимальное значение освещенности, Лк;

$E_{\text{ср}}$ – среднее значение освещенности за этот же период, Лк.

Коэффициент пульсации освещенности при освещении помещений газоразрядными лампами, питаемыми переменным током с частотой 50 Гц, не должен превышать значений в зависимости от разряда зрительной работы.

Пульсации освещенности на рабочей поверхности не только утомляют зрение, но и могут вызывать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта за счет появления стробоскопического эффекта.

Стробоскопический эффект – явление искажения зрительного восприятия вращающихся, движущихся или сменяющихся объектов

в мелькающем свете, возникающее при совпадении кратности частотных характеристик движения объектов и изменения светового потока во времени в осветительных установках, выполненных газоразрядными источниками света, питаемыми переменным током.

Например, если вращающийся белый диск с черным сектором освещать пульсирующим световым потоком (вспышками), то сектор будет казаться неподвижным при частоте $f_{всп} = f_{вращ}$, медленно вращающимся в обратную сторону при $f_{всп} > f_{вращ}$, медленно вращающимся в ту же сторону при $f_{всп} < f_{вращ}$, где $f_{всп}$ и $f_{вращ}$ – соответственно частоты вспышек и вращения диска. Пульсации освещенности на вращающихся объектах могут вызывать видимость их неподвижности, что в свою очередь может явиться причиной травматизма.

Значение K_n меняется от нескольких процентов (для ламп накаливания) до нескольких десятков процентов (для люминесцентных ламп). Малое значение K_n для ламп накаливания объясняется большой тепловой инерцией нити накала, препятствующей заметному уменьшению светового потока $F_{лн}$ ламп в момент перехода мгновенного значения переменного напряжения сети через 0. В то же время газоразрядные лампы обладают малой инерцией и меняют свой световой поток $F_{лл}$ почти пропорционально амплитуде сетевого напряжения.

Для уменьшения коэффициента пульсации освещенности K_n люминесцентные лампы включаются в разные фазы трехфазной электрической сети. В последнем случае за счет сдвига фаз на $1/3$ периода провалы в световом потоке каждой из ламп компенсируются световыми потоками двух других ламп, так что пульсации суммарного светового потока существенно уменьшаются. При этом среднее значение освещенности, создаваемой лампами, остается неизменным и не зависит от способа их включения.

Показатель освещенности P – это критерий оценки слепящего действия осветительной установки, определяемой выражением

$$P = (S - 1) \cdot 10^3, \quad (7)$$

где S – коэффициент ослепленности, равный отношению пороговых разностей яркости при наличии и отсутствии слепящих источников в поле зрения, т. е.

$$S = (\Delta B_{нор})_s / \Delta B_{нор}, \quad (8)$$

где $\Delta B_{нор}$ – пороговая разность яркости объекта и фона при обнаружении объекта на фоне равномерной яркости;

$(\Delta B_{нор})_s$ – то же при наличии в поле зрения блеского (яркого) источника света.

В реальных условиях на освещенность рабочих поверхностей в производственном помещении влияют такие факторы, как отражение

и поглощение света стенами, потолком и другими поверхностями, расстояние от светильника до рабочей поверхности, состояние излучающей поверхности светильника, наличие рассеивателя света и т. д. Вследствие этого полезно используется лишь часть светового потока, излучаемого источником света.

Коэффициент использования осветительной установки

Величина, характеризующая эффективность использования источников света, называется *коэффициентом использования светового потока* или *коэффициентом использования осветительной установки* (η) и определяется как отношение фактического светового потока ($F_{\text{факт}}$) к суммарному световому потоку ($F_{\text{лампы}}$) используемых источников света, определенному по их номинальной мощности в соответствии с нормативной документацией, т. е.

$$\eta = F_{\text{факт}}/F_{\text{лампы}}. \quad (9)$$

Значение фактического светового потока $F_{\text{факт}}$ определяется по результатам измерений в помещении средней освещенности $E_{\text{ср}}$ по формуле:

$$F_{\text{факт}} = E_{\text{ср}} \cdot S, \quad (10)$$

где S – площадь помещения, м^2 .

На практике необходимо учитывать, что реальный световой поток $F_{\text{лампы}}$ меньше нормативного за счет старения ламп, запыления и загрязнения светильников. В связи с этим при расчете мощности и количества светильников, которые должны обеспечить необходимую освещенность помещения, необходимо вводить некоторый коэффициент запаса k . Кроме того, расчетную суммарную мощность светильников необходимо дополнительно увеличить в Z раз, где Z – коэффициент неравномерности освещения, равный отношению средней освещенности помещения к минимальной (обычно $Z = 1,1-1,2$).

Отражающие свойства поверхностей помещения можно учесть с помощью коэффициента отражения светового потока ρ . В случае равномерно диффузного отражения, когда отраженный световой поток рассеивается с одинаковой яркостью во всех направлениях, яркость участка равномерно диффузно отражающей поверхности равна

$$B_{\text{отр}} = E \cdot \rho / \pi, \quad (11)$$

где E – освещенность поверхности.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из макета производственного помещения, оборудованного различными источниками искусственного освещения, и люксметра-пульсометра для измерения значений освещенности и коэффициента ее пульсации. Макет и люксметр-пульсометр устанавливаются на лабораторный стол.

Внешний вид макета представлен на рис. 3. Макет имеет каркас 1 из алюминиевого профиля, пол 2, потолок 3, боковые стенки 4, заднюю стенку и переднюю стенку 5. Задняя и боковые стенки являются съемными и могут устанавливаться любой из двух сторон внутрь макета помещения, фиксируясь в проемах каркаса с помощью магнитных защелок. Одна сторона стенок окрашена в светлые тона, другая – в темные тона, при этом нижняя окрашенная половина стенки темнее верхней.

Передняя стенка 5 жестко вмонтирована в каркас и выполнена из тонированного прозрачного стекла.

В передней нижней части каркаса 1 предусмотрено окно для установки измерительной головки 6 люксметра-пульсометра 7 внутри каркаса.

На полу 2 размещен вентилятор 8 для наблюдения стробоскопического эффекта и охлаждения ламп в процессе работы.

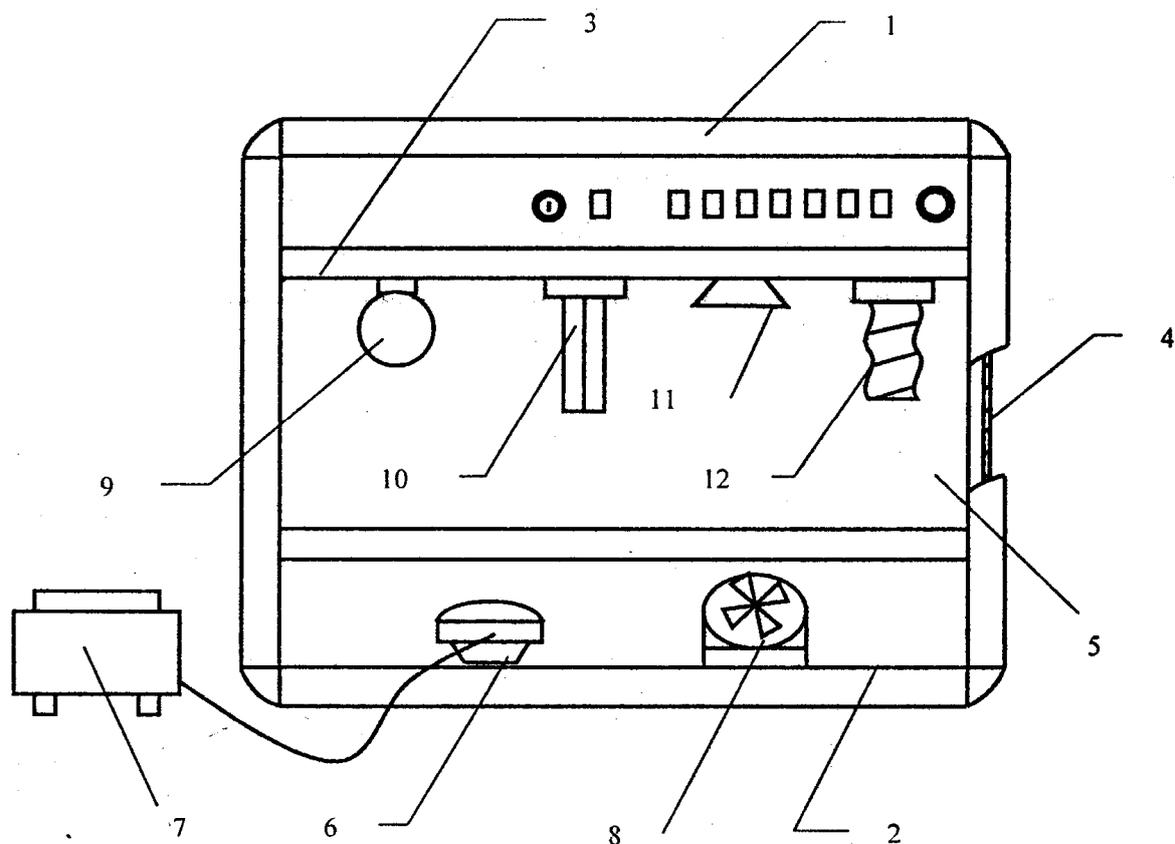


Рис. 3. Внешний вид лабораторной установки для изучения показателей искусственного освещения

На потолке 3 размещены 7 патронов, в которых установлены две лампы накаливания 9, три люминесцентные лампы 10 типа КЛ9, галогенная лампа 11 и люминесцентная лампа 12 типа СКЛЭН с высокочастотным преобразователем. Вертикальная проекция ламп отмечена на полу 2 кружками с цифрами, соответствующими номерам ламп на лицевой панели макета.

Включение электропитания установки производится автоматом защиты, находящимся на задней панели каркаса, и регистрируется сигнальной лампой, расположенной на передней панели каркаса.

На передней панели каркаса (рис. 4) расположены органы управления и контроля, в том числе:

- лампа индикации включения напряжения сети;
- переключатель для включения вентилятора;
- ручка регулирования частоты вращения вентилятора;
- переключатели (1–7) для включения ламп.

Электропитание ламп накаливания и люминесцентных ламп осуществляется от разных фаз. Схема позволяет включать отдельно каждую лампу с помощью соответствующих переключателей, расположенных на передней панели каркаса.

На задней панели каркаса расположен автомат защиты сети и сдвоенная розетка с напряжением 220 В для подключения измерительных приборов.

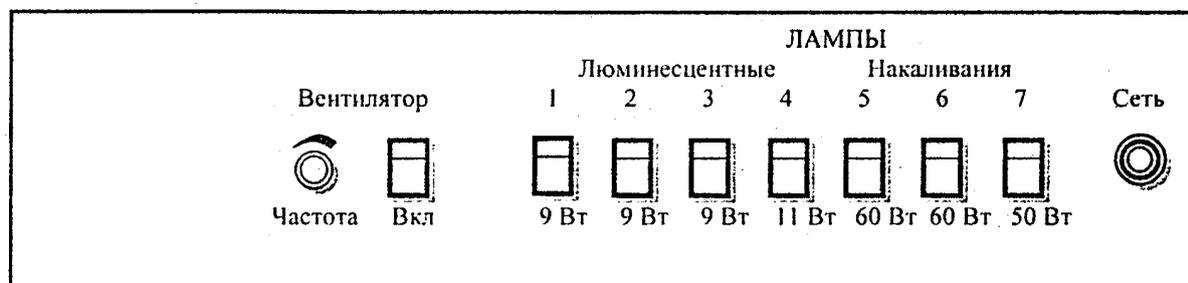


Рис. 4. Передняя панель каркаса лабораторной установки

Люксметр-пульсометр содержит корпус 1 (рис. 5), на лицевой панели которого расположен стрелочный индикатор 2, переключатель 3 режима измерения (освещенность E – коэффициент пульсации K_n), переключатель 4 диапазона измерения (100–30) и переключатель 5 включения напряжения сети со встроенным индикатором. На задней стенке корпуса 1 закреплен сетевой шнур 6 с вилкой и держатель 7 предохранителя. В качестве приемника светового потока используется измерительная головка 8 с насадками 9. При выключенном питании прибор работает как люксметр (Ю-116) и позволяет измерять освещенность в диапазоне от 5 до 100000 Лк. Выбор диапазона определяется насадками. В положении 100 переключателя 4 диапазона измерения с насадками K и M измеряется

освещенность до 1000 Лк, с насадками *K* и *P* – до 10000 Лк и с насадками *K* и *T* – до 100000 Лк. В положении 30 переключателя диапазона измерения с этими же насадками измеряется освещенность до 300 Лк, 3000 Лк и 30000 Лк соответственно.

При включении питания прибор позволяет измерять коэффициент пульсации освещенности в диапазоне от 0 до 30 % или от 0 до 100 % в зависимости от положения переключателя диапазона измерения. Следует обратить внимание на то, чтобы измерение коэффициента пульсации производилось при тех же насадках, что и измерение освещенности.

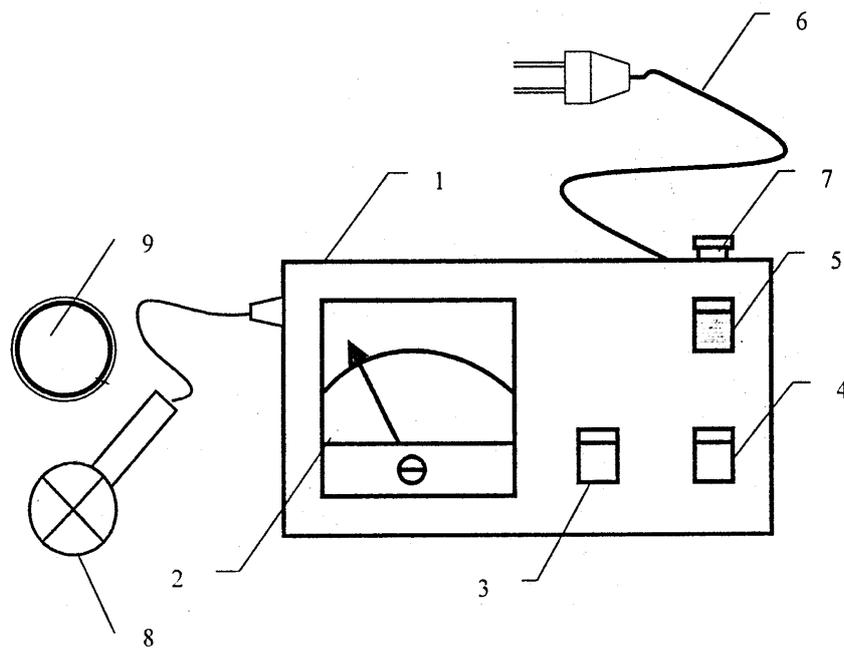


Рис. 5. Люксметр-пульсометр

Требования безопасности при выполнении лабораторной работы

К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторной установки, принципом действия и мерами безопасности при проведении лабораторной работы.

Для предотвращения перегрева установки при длительной работе ламп необходимо включить вентилятор.

После проведения лабораторной работы отключить электропитание стенда и люксметра-пульсометра.

Порядок проведения лабораторной работы

1. Установить стенки макета производственного помещения таким образом, чтобы стороны, окрашенные в темные тона, были обращены внутрь помещения.

2. Включить установку с помощью автомата, защиты, находящимся на задней панели каркаса.

3. Включить лампы (выбор ламп производится по заданию преподавателя) или при дистанционном обучении берем исходные данные из табл. 5 в соответствии со своим вариантом.

4. Произвести измерение освещенности с помощью люксметра-пульсометра в пяти точках макета производственного помещения (в центре и углах пола), определить среднее значение освещенности E_{cp} и занести в таблицу замеров.

5. Установить стенки макета производственного помещения таким образом, чтобы стороны, окрашенные в светлые тона, были обращены внутрь помещения.

6. Произвести измерение освещенности в пяти точках макета производственного помещения, определить среднее значение освещенности. Занести в таблицу замеров.

Таблица 5

Исходные данные для лабораторной работы № 3

№ варианта	Разряд зрительной работы	Площадь помещения, м ²	Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Тон помещения	Освещенность, замеренная в пяти точках помещения, Лк:				
						E1	E2	E3	E4	E5
1	ШБ	50	КЛ9	9	Светлый	300	320	330	350	360
					Темный	200	250	230	270	300
2	УБ	60	СКЛЭН	11	Светлый	330	350	360	370	370
					Темный	300	330	340	350	330
3	ПБ	50	КЛ9	9	Светлый	280	310	320	340	330
					Темный	200	250	230	270	300
4	ШБ	60	СКЛЭН	11	Светлый	330	340	350	360	350
					Темный	280	300	290	330	320
5	ПБ	30	СКЛЭН	11	Светлый	350	330	320	310	320
					Темный	280	280	280	290	280

Сравнить полученные в результате измерений значения освещенности с допустимыми значениями освещенности (см. прил. табл. 1). Разряд зрительных работ принять по указанию преподавателя.

По результатам измерений освещенности для варианта с темной и светлой окраской стен вычислить значение фактического светового потока $F_{факт}$ по формуле

$$F_{факт} = E_{cp} S, \quad (12)$$

где E_{cp} – среднее значение освещенности, определенное по 5 точкам;
 S – площадь помещения, м².

Вычислить коэффициент использования осветительной установки η для варианта с темной и светлой окраской стен по формуле 9. Суммарный световой поток F выбрать по номинальной мощности для каждого типа ламп по табл. 6.

Таблица 6

Тип ламп	Номинальная мощность, Вт	Номинальный световой поток, Лм
Накаливания	60	730
Накаливания криптоновая	60	800
Люминесцентная КЛ9	9	600 (465)*
Люминесцентная СКЛЭН	11	700
Галогенная	50	850

Примечание. * После минимальной продолжительности горения (2000 ч).

Повторить измерения для другого типа ламп.
Результаты работы занести в табл. 7.

Таблица 7

Окраска помещения	Тип источника	Разряд зрительной работы	$E_{ср}$	$E_{норм}$	$S, м^2$	$F_{факт} = E_{ср} * S$	$\eta = F_{факт} / F_{ламп}$
Темные тона	ГГ						
Светлые тона	Г						

Сделать вывод, сравнивая значения коэффициентов использования осветительных установок, полученные для случаев с использованием различных источников света и различной окраской стен.

С помощью люксметра-пульсометра измерить коэффициент пульсации освещенности при включении одной лампы накаливания, а затем – при включении одной люминесцентной лампы типа КЛ9. Сравнить полученные значения.

Измерить и сравнить между собой коэффициенты пульсации освещенности при включении одной люминесцентной лампы, затем двух и, наконец, при включении трех люминесцентных ламп типа КЛ9. Следует учесть, что люминесцентные лампы включены в три различные фазы трехфазной сети, поэтому измерительную головку люксметра-пульсометра необходимо располагать в геометрическом центре системы включенных ламп.

Выключить стенд. Составить отчет о работе.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Нормирование освещения производственных помещений (Выписка из СП 52.13330.2011)

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение	Совмещенное освещение		
						Освещенность, Лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации		КЕО, ен, %			
						При системе комбинированного освещения		при системе общего освещения			Р	Кп, %	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
						всего	в т. ч. от общего		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000	500	–	20	10	–	–	6,0	2,0
				Средний	Темный	4500	500	–	10	10				
			б	Малый	Средний	4000	400	1250	20	10				
				Средний	Темный	3500	400	1000	10	10				
			в	Малый	Светлый	2500	300	750	20	10				
Средний	Средний	Темный	2000	200	600	10	10							
г	Средний	Светлый	1500	200	400	20	10							
Большой	»	Средний	1250	200	300	10	10							

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	a	Малый	Темный	4000 3500	400 400	– –	20 10	10 10	–	–	4,2	1,5
			б	Малый Средний	Средний Темный	3000 2500	300 300	750 600	20 10	10 10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000 1500	200 200	500 400	20 10	10 10				
			г	Средний Большой » »	Светлый » Средний	1000 750	200 200	300 200	20 10	10 10				
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	a	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	–	–	3,0	1,2
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000 750	200 300	300 200	40 20	15 15				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 600	200 200	300 200	40 20	15 15				
			г	Средний Большой » »	Светлый » Средний	400	200	200	40	15				
Средней точности	Св. 0,5 до 1	IV	a	Малый	Темный	750	200	300	40	20	4,0	1,5	2,4	0,9
			б	Малый Средний	Средний Темный	500	200	200	40	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	200	40	20				
			г	Средний Большой » »	Светлый » Средний	–	–	200	40	20				

Продолжение табл. 1

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

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
периодическое при периодическом пребывании людей в помещении			в		–	–	50	–	–	0,7	0,2	0,5	0,2
общее наблюдение за инженерными коммуникациями			г		–	–	20	–	–	0,3	0,1	0,2	0,1

Примечания.

1. Для подразряда норм от Ia до IIIв может применяться один из наборов нормируемых показателей, приведенных для данного подразряда в гр. 7–11.

2. Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им разряды зрительной работы установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего.

3. Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности (п. 4.1. настоящих норм):

а. на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 Лк и более;

б. то же, общего освещения для разрядов I–V, VI;

с. на две ступени при системе общего освещения для разрядов VI и VIII.

4. Коэффициент пульсации «Кп» указан в гр. 10 для системы общего освещения или для светильников местного освещения при системе комбинированного освещения. Кп от общего освещения в системе комбинированного освещения не должен превышать 20 %.

5. Предусматривать систему общего освещения для разрядов I–III, IVa, IVб, IVв, Va допускается только при технической невозможности или экономической нецелесообразности применения системы комбинированного освещения.

6. В помещениях, специально предназначенных для работы или производственного обучения подростков, нормированное значение КЕО повышается на один разряд по гр. 3 и должно быть не менее 1,0 %.

Таблица 2

Удельная мощность общего равномерного освещения
при освещенности 100 Лк
(учтены значения: $\rho_n = 50\%$; $\rho_c = 30\%$; $\rho_p = 10\%$; $k = 1,5$; $z = 1,1$)

h, м	S, м ²	Удельная мощность, для типов ламп, Вт/м ²			
		ЛБ-40 ЛБ-65	ЛХБ-40, 65 ЛБ-80 ЛТБ-40, 65 ЛД-40	ЛХБ-80 ЛДЦ-40 ЛТБ-80 ЛД-65	ЛД-80 ЛДЦ-65, 80
Светильники 1-ой группы с люминесцентными лампами					
2-3	10-15	9,8	11,0	12,4	14,9
	15-25	7,8	8,7	9,7	11,2
	25-50	5,8	6,0	7,5	8,6
	50-150	4,4	5,4	6,0	6,9
	150-300	4,0	1,7	5,2	6,1
	> 300	3,6	4,1	4,7	5,4
3-4	10-15	13,0	15,2	17,6	20,0
	15-20	11,6	13,6	15,5	18,0
	20-30	9,9	11,2	13,0	15,6
	30-50	7,7	8,6	10,0	12,1
	50-120	5,5	6,4	7,4	8,4
	120-300	4,4	5,2	5,9	6,7
> 300	3,6	4,1	4,7	5,4	
5-6	10-17	15,0	17,3	20,1	22,0
	17-25	13,6	15,3	18,2	20,0
	25-35	12,4	14,4	16,5	18,5
	35-50	10,8	12,1	14,2	15,8
	50-80	8,5	9,5	10,5	11,8
	80-150	6,0	7,0	7,9	9,2
150-400	4,6	5,4	6,2	7,0	
Светильники 2-ой группы с люминесцентными лампами					
2-3	10-15	8,7	9,9	11,6	13,4
	15-25	7,0	8,1	9,2	10,7
	25-50	5,7	6,6	7,4	8,6
	50-150	4,5	5,3	6,0	6,9
	150-300	4,0	4,7	5,3	6,1
	> 300	3,4	4,0	4,5	5,2
3-4	10-15	14,8	15,2	16,2	18,4
	15-20	11,3	12,5	14,2	15,9
	20-30	8,4	9,7	11,3	13,3
	30-50	6,8	7,9	9,0	10,3
	50-120	5,5	6,4	7,3	8,4
	120-300	4,5	5,2	5,9	6,8
> 300	3,4	4,0	4,5	5,2	
5-6	10-17	18,0	18,6	19,7	22,0
	17-25	15,5	16,4	17,2	19,6
	25-35	12,7	13,7	15,0	16,8
	35-50	9,2	10,5	12,4	14,1
	50-80	7,4	8,6	9,8	11,2
	80-150	6,1	7,1	8,3	9,4
150-400	4,8	5,6	6,4	7,4	

Таблица 3

Технические данные люминесцентных ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Напряжение на лампе, В	Ток, лампы А	Световой поток, Лм, после 100 ч горения			Габариты		ГОСТ, ТУ
				номинальный	минимальный	расчетное значение	Длина, мм	Диаметр, мм	
ЛБ4-1 (2) ЛБ6-1 (2) ЛБ8-3	4 6 8	30 46 61	0,15 0,15 0,17	100 220 360	– – –	– – –	150 226 302	16	ТУ 16.535. 374-70
ЛДЦ15-4 ЛД15-4 ЛХБ15-4 ЛТБ15-4 ЛБ15-4	15	54	0,33	500 590 675 700 760	450 530 605 630 680	475 560 640 665 720	451	27	ГОСТ 6825-70
ЛДЦ20-4 ЛД20-4 ЛХБ20-4 ЛТБ20-4 ЛБ20-4	20	57	0,37	820 920 935 975 1180	735 825 840 875 1060	780 870 890 925 1120	604	40	ГОСТ 6825-70
ЛДЦ30-4 ЛД30-4 ЛХБ30-4 ЛТБ30-4 ЛБ30-4	30	104	0,36	1450 1640 1720 1720 2100	1305 1475 1490 1545 1890	1375 1560 1605 1635 1995	909	27	ГОСТ 6825-70
ЛДЦ40-4 ЛД40-4 ЛХБ40-4 ЛТБ40-4 ЛБ40-4 ЛХБЦ40-1	40	103	0,43	2100 2340 2600 2580 3000 2000	1890 2105 2340 2320 2700 -	1995 2225 2470 2450 2830 2000	1214	40	ГОСТ 6825-70 ТУОСШ 539.02
ЛДЦ65-4 ЛД65-4 ЛХБ65-4 ЛТБ65-4 ЛБ65-4	65	110	0,67	3050 3570 3820 3980 4550	2745 3210 3435 3580 4095	2900 3390 3630 3780 4325	1514	40	ГОСТ 6825-70
ЛДЦ80-4 ЛД80-4 ЛХБ80-4 ЛБ80-4	80	102	0,9	3560 4070 4440 5220	3200 3660 3995 4695	3380 3865 4220 4960	1514	40	ГОСТ 6825-70
ЛХБ150	150	90	1,9	8000	–	–	1524	40	ТУОСШ 539.01
ЛБР4 ЛБР4-2	4	36 34	0,1 0,15	100 110	–	–	140	16	ТУ 16.535. 489-71
ЛБР40-1 ЛХБР40	40	103	0,43	2250 2080	–	–	1214	40	
ЛБР80-1 ЛХБР80	80	102	0,9	4160 3460	–	–	1514	40	558-71

Примечание.

1. Данные таблицы распространяются на люминесцентные лампы, предназначенные для работы в стартерной схеме включения.
2. Лампы типов ЛБР и ЛХБР – с рефлекторным отражающим слоем.