**Лабораторная работа № 9**

**Оценка эффективности производственного**

**освещения**

#### Цель работы

Изучить принципы нормирования, расчета и контроля естественного и искусственного освещения помещений.

#### Содержание работы

1. Провести измерения освещенности в лаборатории при естественном и искусственном освещении.
2. Произвести нормирование искусственного освещения и измерение фактической освещенности для заданных зрительных работ.
3. Выполнить расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока.

## **Основные светотехнические понятия и величины**

Основными показателями, характеризующими свет, являются сила света, световой поток, освещенность и яркость.

Для качественной оценки визуального действия светового потока и характеристики его распределения по поверхности и в пространстве разработана система световых единиц. Исходной для построения системы световых единиц является единица силы света - кандела (кд), которая определяется как сила света, испускаемая с поверхности площадью 1/600000 м2 эталонного излучателя (черного тела) в перпендикулярном направлении при температуре затвердевания платины 2042 К и давлении 101325 Па (760 мм. рт. ст).

Световой поток Ф определяется как величина не только физическая, но и физиологическая, так как измерение ее основано на зрительном восприятии. Световой поток Ф - мощность лучистой энергии, оцениваемой по световому ощущению, воспринимаемому человеческим глазом в диапазоне длин волн 380-780 нм. Единицей измерения светового потока является люмен (лм). 1 лм - световой поток, испускаемый в единичном телесном угле (1 стерадиане) точечным источником при силе света 1 кд. Распределение светового потока реального источника излучения в окружающем пространстве обычно неравномерно. Поэтому пространственную угловую плотность светового потока характеризуют величиной силы света.

Сила света *I* является одной из основных величин Международной системы единиц СИ и определяется как отношение светового потока Ф к телесному углу ω, в пределах которого световой поток распространяется и равномерно распределяется:

*I*α = Ф/ω , где *I*α - сила света под углом α.

Освещенность *Е* характеризует поверхностную плотность светового потока на освещаемой площади *S: Е*=Ф/*S*. Единица освещенности - люкс (лк) - это освещенность поверхности площадью 1 м2 световым потоком 1 лм.

Яркость *L* поверхности определяется как отношение силы света светящейся поверхности в рассматриваемом направлении к ее проекции на плоскость, перпендикулярную этому направлению: *L*=*I/(S* cos α). Единица яркости - кандела на квадратный метр (кд/м2) - специального названия не имеет. Человек различает окружающие предметы только благодаря тому, что они имеют разную яркость.

Уровень ощущения света человеческим глазом зависит от плотности светового потока на сетчатке глаза, поэтому основное значение для зрения имеет не освещенность какой-либо поверхности, а световой поток, отраженный от этой поверхности и попадающий на зрачок, т.е. яркость светящихся поверхностей обратно пропорциональна их площади, а яркость освещенных объектов зависит от их световых свойств, от степени освещенности и, в общем случае, от угла, под которым поверхность рассматривается. Поверхности, яркость которых в отраженном свете одинакова во всех направлениях, называются диффузными. Для них справедливо соотношение *L=E* ρ/π, где ρ = Фρ / Ф - коэффициент отражения, определяемый отношением отраженного от поверхности светового потока Фρ к падающему потоку Ф.

## **Виды и системы освещения**

В зависимости от природы источника световой энергии различают естественное, искусственное и совмещенное освещение.

Естественное освещение - освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы (окна) в наружных стенах.

Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное (верхнее и боковое). Во всех производственных помещениях с постоянным пребыванием в них людей для работ в дневное время следует предусматривать естественное освещение как более экономичное и совершенное с точки зрения медико-санитарных требований по сравнению с искусственным освещением.

В том случае, если естественное освещение оказывается недостаточным, его дополняют искусственным. Такое освещение называют совмещенным.

Искусственное освещение применяется в часы суток, когда естественный свет недостаточен, или в помещениях, где он отсутствует.

Существуют следующие виды искусственного освещения по функциональному назначению: рабочее, аварийное, охранное (для освещения в нерабочее время) и дежурное. Аварийное освещение разделяется на эвакуационное и резервное. При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения может использоваться для дежурного освещения. Нормируемые характеристики освещения в помещениях и вне зданий могут обеспечиваться как светильниками рабочего освещения, так и совместным действием с ними светильников аварийного освещения.

Искусственное освещение помещений может быть двух систем – общее (равномерное и локализованное) и комбинированное.

При общем освещении светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение).

При комбинированном освещении к общему искусственному освещению добавляется местное, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах.

## **Нормирование освещения**

Нормирование освещения при проектировании для помещений вновь строящихся и реконструируемых зданий и сооружений промышленного назначения производится по СП 52.13330.2011. По правилам, требования к освещению помещений промышленных предприятий являются показатели: КЕО, нормируемая освещенность *Ен* , допустимые сочетания показателей ослепленности Р и коэффициент пульсации освещенности Кп .

Нормируемые показатели освещенности на рабочем месте устанавливаются в соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами СанПиН 2.2.4.3359-16. К нормативным показателям световой среды относятся: средняя освещенность на рабочей поверхности Еср , коэффициент пульсации освещенности Кп , объединенный показатель дискомфорта – URG, КЕО.

Особенность естественного освещения – чрезвычайно широкий диапазон изменения и непостоянство. Поэтому оценивать естественное освещение в абсолютных единицах освещенности - люксах не представляется возможным. В качестве нормируемой величины принята относительная величина – коэффициент естественной освещенности (КЕО), который представляет собой выраженное в процентах отношение естественной освещенности, создаваемое в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения (*Е*вн) светом неба (непосредственным или после отражений), к одновременно замеренной наружной горизонтальной освещенности (*Е*нар), создаваемой светом полностью отрытого небосвода:

КЕО= (*Е*вн / *Е*нар)⋅100 %.

Достаточность естественного освещения в помещении регламентируется нормами СанПин 2.2.4.335-16 (табл. 1), которыми установлены значения кео в зависимости от следующих четырех факторов:

1. точности или характера зрительной работы (разряда зрительной работы);
2. системы освещения (боковое, верхнее, комбинированное или совмещенное);
3. коэффициента светового климата, определяемого в зависимости от района расположения здания на территории России;
4. ориентации световых проемов здания по сторонам горизонта.

Таблица 1

Требования к освещению рабочих мест на промышленных предприятиях

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика зрительной  работы | Наимень-ший или  эквивалентный  размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Под-разряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном | Характеристика фона | Искусственное освещение | | | | | | Естественное освещение | | Совмещенное освещение | |
| освещённость, лк | | | Сочетание нормируемых величин объединенного показателя дискомфорта URG и коэффициента пульсации | | | КЕО, ен, % | | | |
| при верхнем или комбинированном освещении | при  боковом освещении | при верхнем или комбинированном освещении | при  боковом освещении |
| При системе  комбинированного  освещения | | При системе общего освещения |
| всего | в том числе от общего | URG, не более | | Кп, %, не  более |
| 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  4500 | 500  500 | - | 22  19 | | 10  10 |  |  |  |  |
| б | Малый | Средний | 4000 | 400 | 1250 | 22 | | 10 |
| Средний | Темный |
| Малый | Средний | 3500 | 400 | 1000 | 19 | | 10 |
| Средний | Темный |
| в | Малый | Светлый | 2500 | 300 | 750 | 22 | | 10 | - | - | 6,0 | 2,0 |
| Средний | Средний  Темный |
| Большой |
| Малый | Светлый | 2000 | 200 | 600 | 19 | | 10 |
| Средний | Средний |
| Большой | Темный |
| г | Средний | Светлый | 1500 | 200 | 400 | 22 | | 10 |
| Большой | Светлый |
| Большой | Средний |
| Средний | Светлый | 1250 | 200 | 300 | 19 | | 10 |
| Большой | Светлый |
| Большой | Средний |
| Очень высокой точности | От 0,15 до 0,30 | II | а | Малый | Темный | 4000  3500 | 400  400 | -  - | 22  19 | | 10  10 | - | - | 4,2 | 1,5 |
| б | Малый | Средний | 3000 | 300 | 750 | 22 | | 10 |
| Средний | Темный |
| Малый | Средний | 2500 | 300 | 600 | 19 | | 10 |
| Средний | Темный |
| в | Малый | Светлый | 2000 | 200 | 500 | 22 | | 10 |
| Средний | Средний |
| Большой | Темный |
| Малый | Светлый | 1500 | 200 | 400 | 19 | | 10 |
| Средний | Средний |
| Большой | Темный |
| г | Средний | Светлый | 1000 | 200 | 300 | 22 | | 10 |
| Большой | Светлый |
| Большой | Средний |
| Средний | Светлый | 750 | 200 | 200 | 19 | | 10 |
| Большой | Светлый |
| Большой | Средний |
| Высокой точности | От 0,30 до 0,50 | III | а | Малый | Темный | 2000  1500 | 200  200 | 500  400 | 25  22 | | 15  15 | - | - | 3,0 | 1,2 |
| б | Малый | Средний | 1000 | 200 | 300 | 25 | | 15 |
| Средний | Темный |
| Малый | Средний | 750 | 200 | 200 | 22 | | 15 |
| Средний | Темный |
| в | Малый | Светлый | 750 | 200 | 300 | 25 | | 15 |
| Средний | Средний |
| Большой | Темный |
| Малый | Светлый | 600 | 200 | 200 | 22 | | 15 |
| Средний | Средний |
| Большой | Темный |
| г | Средний | Светлый | 400 | 200 | 200 | 25 | | 15 |
| Большой | Светлый |
| Большой | Средний |
| Средней точности | Св. 0,5 до 1,0 | IV | а | Малый | Темный | 750 | 200 | 300 | 25 | | 20 | 4,0 | 1,5 | 2,4 | 0,9 |
| б | Малый | Средний | 500 | 200 | 200 | 25 | | 20 |
| Средний | Темный |
| в | Малый | Светлый | 400 | 200 | 200 | 25 | | 20 |  |  |  |  |
| Средний | Средний |
| Большой | Темный |
| г | Средний | Светлый | - | - | 200 | 25 | | 20 |
| Большой | Светлый |
| Большой | Средний |
| Малой точности | Св. 1 до 5 | V | а | Малый | Темный | 400 | 200 | 300 | 25 | | 20 | 3,0 | 1,0 | 1,8 | 0,6 |
| б | Малый | Средний | - | - | 200 | 25 | | 20 |
| Средний | Темный |
| в | Малый | Светлый | - | - | 200 | 25 | | 20 |
| Средний | Средний |
| Большой | Темный |
| г | Средний | Светлый | - | - | 200 | 25 | | 20 |
| Большой | Светлый |
| Большой | Средний |
| Грубая (очень малой точности) | Более 5 | VI |  | Независимо от характеристик фона и контраста объекта ас фоном | | - | - | 200 | 25 | | 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 | 25 | | 20 | 3,0 | 1,0 | 1,8 | 0,6 |
| Общее наблюдение за ходом производственного процесса:  -постоянное |  | VIII | а | Независимо от характеристик фона и контраста объекта ас фоном | | - | - | 200 | | 28 | 20 | 3,0 | 1,0 | 1,8 | 0,6 |
| - периодическое при постоянном пребывании людей в помещении |  | б | То же | | - | - | 75 | | 28 | - | 1,0 | 0,3 | 0,7 | 0,2 |
| - то же , при временном |  | в | То же | | - | - | 50 | | - | - | 0,7 | 0,2 | 0,5 | 0,2 |
| - общее наблюдение за инженерными коммуникациями |  | г | То же | | - | - | 20 | | - | - | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |

\

В небольших помещениях с боковым односторонним освещением нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов. В крупногабаритных производственных помещениях при боковом освещении минимальное значение КЕО нормируется в точке, удаленной от световых проемов:

на 1,5 высоты помещения для работ I-IV разрядов;

на 2 высоты помещения для работ V-VII разряда;

на 3 высоты помещения для работ VIII разряда.

Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им разряды зрительных работ установлены (табл.1) при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего. При расстоянии до глаз работающего более 0,5 м разряд работ по таблице следует устанавливать с учетом углового размера объекта различения, определяемого отношением минимального размера объекта различения d к расстоянию l от этого объекта до глаз работающего.

Таблица 2

Разряды зрительных работ при больших расстояниях от различаемых объектов до глаз работающего

|  |  |
| --- | --- |
| Разряд зрительной работы | Пределы отношения d/l |
| I | Менее 0,0003 |
| II | От 0,0003 до 0,0006 |
| III | Свыше 0,0006 до 0,001 |
| IV | Свыше 0,001 до 0,002 |
| V | Свыше 0,002 до 0,01 |
| VI | Свыше 0,01 |

Коэффициент светового климата ***m*** – коэффициент, учитывающий особенности светового климата.

Для определения нормируемого значения КЕО на рабочих местах, предварительно, для субъекта Российской Федерации, в котором производится оценка освещения, необходимо определить номер группы административных районов по ресурсам светового климата, указанный в таблице 4.

Нормируемое значение КЕО *еN*для зданий, располагаемых в различных районах, следует определять по формуле

*еN = е*н *mN* ,

где N – номер группы обеспеченности естественным светом по таблице 4;

*еN –* значение КЕО по таблице 1;

*mN* – коэффициентсветового климата, зависящий от номера группы административных районов по ресурсам светового климата, определяемый по таблице 3.

Таблица 3

Коэффициенты светового климата в зависимости от группы административного района и ориентации световых проемов о сторонам горизонта

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Световые проемы | Ориентация световых проемов по сторонам горизонта | Коэффициент светового климата m по номерам групп административных районов | | | | |
|  |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| В наружных стенах | С | 1 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 0,8 |
| зданий | СВ, СЗ | 1 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 0,8 |
|  | З, В | 1 | 0,9 | 1,1 | 1,1 | 0,8 |
|  | ЮВ, ЮЗ | 1 | 0,85 | 1 | 1,1 | 0,8 |
|  | Ю | 1 | 0,85 | 1 | 1,1 | 0,75 |
| В прямоугольных и | С-Ю | 1 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 0,75 |
| трапециевидных  фонарях | СВ-ЮЗ  ЮВ-СЗ | 1 | 0,9 | 1,2 | 1,2 | 0,7 |
|  | В-З | 1 | 0,9 | 1,1 | 1,2 | 0,7 |
| В фонарях типа "шед" | С | 1 | 0,9 | 1,2 | 1,2 | 0,7 |
| В зенитных фонарях | - | 1 | 0,9 | 1,2 | 1,2 | 0,75 |
| Примечания.  С - северное; СВ - северо-восточное; СЗ - северо-западное; В - восточное; З - западное; С-Ю - север-юг; В-З - восток-запад; Ю - южное; ЮВ - юго-восточное; ЮЗ - юго-западное.  Группы административных районов России по ресурсам светового климата приведены в приложении 10 настоящего СанПиН. | | | | | | |

Таблица 4

Группы административных районов по ресурсам светового климата

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Номер группы | Административные районы |
| 1 | Владимирская, Калужская области, Камчатский край, Кемеровская область, Красноярский край (севернее 63° с.ш.), Курганская, Московская, Нижегородская, Новосибирская, Омская области, Пермский край, Рязанская область, Республика Башкортостан, Республика Мордовия, Республика Татарстан, Республика Саха (Якутия) [севернее 63° с.ш.], Свердловская, Смоленская, Тульская, Тюменская области, Удмуртская Республика, Хабаровский край (севернее 55° с.ш.), Челябинская область, Чувашская Республика, Чукотский автономный округ |
| 2 | Белгородская, Брянская, Волгоградская, Воронежская области, Забайкальский край, Кабардино-Балкарская Республика, Красноярский край (южнее 63° с.ш.), Курская, Липецкая, Магаданская, Оренбургская, Орловская, Пензенская области, Республика Алтай, Республика Бурятия, Республика Ингушетия, Республика Коми, Республика Саха (Якутия) [южнее 63° с.ш.], Республика Северная Осетия - Алания, Республика Тыва, Самарская, Саратовская, Сахалинская, Тамбовская, Ульяновская области, Хабаровский край (южнее 55° с.ш.), Ханты-Мансийский автономный округ, Чеченская Республика |
| 3 | Вологодская, Ивановская, Калининградская, Кировская, Костромская, Ленинградская области, Ненецкий автономный округ, Новгородская, Псковская области, Республика Карелия, Тверская область, Ямало-Ненецкий автономный округ, Ярославская область |
| 4 | Архангельская, Мурманская области |
| 5 | Автономная Республика Крым, Астраханская, Амурская области, Краснодарский край, Приморский край, Республика Дагестан, Республика Калмыкия, Ростовская область, Ставропольский край |

Для зданий, расположенных в центре Европейской части России независимо от их ориентации, коэффициенты светового климата равны единице.

В основу нормирования искусственного освещения положены следующие показатели, характеризующие условия зрительной работы: размер объекта, фон, контраст объекта с фоном.

1. Размер объекта – рассматриваемый предмет. Отдельная его часть или дефект, которые требуется различать в процессе работы. Например, при чтении текста - толщина линии буквы, при работе с приборами - толщина линий градуировки шкалы или толщина стрелки.
2. Фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон – величина, определяемая коэффициентом отражения поверхности (ρФ). Коэффициент отражения объекта (ρ0) различается по светлоте также, как и фон. Объект может быть светлым при ρ0 > 0,4, средним при 0,2 ≤ ρ0 ≤ 0,4 и темным при ρ0 < 0,2.
3. Контраст объекта с фоном (К) определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта L0 и фона Lф к яркости фона или между их коэффициентами отражения к коэффициенту отражения фона : K=(L0-Lф)/ Lф; K=(ρ0-ρф)/ρф.

Контраст объекта с фоном (*К*) считается большим, средним или малым в зависимости от его численного значения (табл. 5).

Таблица 5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| К | *К*>0,5  Объект и фон резко разнятся по яркости | 0,2≤*К*≤0,5  Объект и фон заметно разнятся по яркости | *К*<0,2  Объект и фон мало отличаются по яркости |
| Контраст объекта с фоном | Большой | Средний | Малый |

В некоторых случаях фон и контраст объекта с фоном можно определить визуально, например, при чертежных работах: линии – темные, фон – светлый, следовательно, контраст – объекта с фоном – большой.

При нормировании осветительных условий (определении уровня освещенности по СанПиН 2.2.4.3359-16) для заданной зрительной работы при искусственном освещении необходимо знать:

1. разряд работы, который зависит от размера объекта различения,
2. подразряд работы, который зависит от контраста объекта с фоном и характеристики фона.

Принимая во внимание параметры, указанные выше, определяется нормируемое значение искусственного освещения. Предусматриваемое СанПиНом число разрядов зрительных работ для промышленных предприятий составляет семь, первые пять разрядов имеют подразряды работ. Нормируемые значения освещенности в люксах, отличающиеся на одну ступень, следует принимать по шкале:

0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7;10; 15; 20; 30; 50; 75;100; 150; 200; 400; 500; 600; 750;

1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500;4000; 4500; 5000 лк.

Нормы освещенности, приведенные в табл. 1 повышают на одну ступень по шкале освещенности в следующих случаях:

а) при работах I-IV разряда, если зрительная работа выполняется более половины рабочего дня;

б) при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 200 лк и менее;

в) при специальных повышенных санитарных требованиях (на предприятиях пищевой и химико-фармацевтической промышленности), если освещенность от системы общего освещения 500 лк и менее;

г) при работе или производственном обучении подростков, если освещенность от системы общего освещения 300 лк и менее;

д) при отсутствии естественного света и постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения 750 лк и менее;

е) при наблюдении деталей, вращающихся со скоростью, равной или более 500 об/мин, или объектов, движущихся со скоростью, равной или более 1,5 м/мин;

ж) при постоянном поиске объектов различения на поверхности размером 0,1 м2 и более;

з) в помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

При наличии одновременно нескольких признаков нормы освещенности следует повышать не более чем на одну ступень.

В помещении должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещенности. В поле зрения должна отсутствовать прямая (от самих источников) и отраженная блескость. Последняя определяет снижение видимости вследствие чрезмерного увеличения яркости рабочей поверхности и вуалирующего действия, снижающего контраст между объектом и фоном.

Слепящее действие осветительной установки оценивается показателем ослепленности *P,* определяемым выражением:

*P*=1000(*S*-1),

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

Критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в осветительной установке в результате изменения во времени светового потока источников света при их питании переменным током определяется показателем пульсации освещенности, который определяется по формуле

где и – соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк; – среднее значение освещенности за этот же период, лк.

Для уменьшения коэффициента пульсации используют следующие способы: включение светильников в разные фазы электрической сети, питание током повышенной частоты, использование высокочастотных пускорегулирующих аппаратов и др.

Коэффициент пульсации освещенности от общего искусственного освещения не должен превышать нормативных значений приведенных в табл.1, регламентируемых в зависимости от функционального назначения помещения.

Объединенный показатель дискомфорта UGR – общеевропейский критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения, определяемый по формуле:

– яркость блесткого источника, кд/;

– угловой размер блесткого источника, стер;

– индекс позиции блесткого источника относительно линии зрения;

– яркость адаптации, кд/.

Объединенный показатель дискомфорта UGR связан с показателем дискомфорта М по формуле:

UGR = 16lgM – 4,8 ,

где М – показатель дискомфорта.

Показатель дискомфорта М – критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающий неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения, выражающийся формулой

где яркость блесткого источника, кд/ ;

*ω* – угловой размер блесткого источника, стер.;

индекс позиции бесткого источника относительно линии зрения;

– яркость адаптации, кд/.

При проектировании объединенный показатель дискомфорта рассчитывается инженерным методом с помощью программных средств на основе фотометрических данных светильников и расположения их в помещении, не имеет инструментальных методов контроля.

Объединенный показатель дискомфорта оценивается только при наличии жалоб работающих на наличие посторонних ярких источников света в поле зрения.

**Расчет и контроль освещения**

Расчет искусственного освещения может выполняться различными методами. Наиболее распространенным в проектной практике является расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока, который предназначен для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей.

Расчетное уравнение метода

Ф = (*E*н *kSz*)/(*N* *U*оу ), (1)

где Ф - световой поток каждой из ламп или каждого светильника, лм;

*Е*н - нормируемая минимальная освещенность, лк;

*k* - коэффициент запаса, учитывает запыление светильников и износ источников света в процессе эксплуатации, равен 1,2 для ламп накаливания и 1,4 для разрядных ламп;

*S* - площадь помещения, м2;

*z* - коэффициент неравномерности освещения, характеризует отношение средней освещенности к минимальной, и равен 1,15 для ламп накаливания и 1,1 для люминесцентных ламп;

*N* - выбранное число ламп или светильников;

*U*оу - коэффициент использования осветительной установки (светильника), показывает какая часть светового потока (в долях единицы) лампы падает на освещаемую поверхность.

Определяют *U*оу по справочным таблицам в зависимости от типа светильников, коэффициентов отражения потолка, стен, пола или расчетной поверхности, а также индекса помещения ϕ=*AB*/*h*(*A+B*), где *h* - высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м; *А* и *В* - ширина и длина помещения, м.

По формуле (1) рассчитывается световой поток Ф в лм лампы (ламп) в светильнике, необходимый для создания на рабочих поверхностях освещенности Е не ниже нормируемой на все время эксплуатации осветительной установки. По полученному в результате расчета требуемому световому потоку подбирается ближайшая стандартная лампа. Допускается отклонение светового потока лампы от расчетного не более чем на (-10%) - (+20%). При невозможности выбора ламп с таким приближением корректируют количество светильников.

Чаще решается обратная задача, т.е. по известному световому потоку Ф лампы (ламп) в светильнике определяется необходимое число ламп или светильников *N* для получения требуемой нормированной освещенности *Е*Н.

# **Указания по технике безопасности**

1. Перед выполнением работы необходимо ознакомиться с принципом работы прибора.
2. При обнаружении неисправности в работе люксметра необходимо прекратить проведение опыта и сообщить об этом преподавателю или лаборанту.

## **Применяемое оборудование**

Измерение и контроль освещенности осуществляется с помощью приборов, получивших название люксметров. **Цифровой люксметр AR813A** является специализированным прибором для измерения освещенности в диапазоне до ста тысяч люкс. Датчик люксметра AR813A является встроенным, но с поворотным механизмом, позволяющим вращать его на угол до 180 градусов.

В основе принципа работы лежит явление фотоэлектрического эффекта. Световой поток, создаваемый естественным и искусственным светом, при попадании на полупроводниковый фотоэлемент, преобразуется в непрерывный электрический сигнал, пропорциональный световой освещенности, который отображается на цифровом жидкокристаллическом экране, с помощью аналого-цифрового преобразователя.

Порядок работы на приборе:

1. Установите батарею 9В в отсек питания, соблюдая полярность.

2. Для включения прибора установите переключатель режимов работы в положение "ON", не снимая защитного колпачка с датчика.

3. После появления на дисплее значения "000" колпачок можно снять.

4. На дисплее отобразится измеренное значение. На цифровом индикаторе отображаются старшие разряды значения, в нижней части дисплея - множитель х1, х10 или х100.

5. Для задания предела измерения установите переключатель пределов измерения в положение, соответствующее требуемому пределу.

6. При появлении в левой части дисплея сообщения "1" следует установить больший (следующий) предел измерения.

7. Для удержания показаний на дисплее установите переключатель режимов работы в положение "HOLD"; появится индикатор.

8. По окончании работы наденьте защитный колпачок на датчик и установите переключатель режимов работы в положение "OFF".

**Порядок проведения работы**

* + - 1. Ознакомиться с указанием по эксплуатации люксметра Digital Lux Meter AR813A.
      2. Замерить естественную освещенность внутри помещения лаборатории (Евн) при выключенном искусственном освещении на расстоянии l = 1, 2, … 5 метров от окна. При этом фотоэлемент держать параллельно полу, обращенным вверх, на уровне высоты стола (0,8 м от пола). Значение Евн занести в табл. 6.
      3. Замерить наружную освещенность (Енар) и, рассчитать величину КЕО в зависимости от расстояния, заполнить табл.6. Для измерения наружной освещенности фотоэлемент необходимо поместить за окно в горизонтальном положении[[1]](#footnote-1). Показания люксметра удвоить, так как свет попадает на фотоэлемент только от половины небосвода (вторая половина закрыта зданием), т.е. действительная наружная освещенность вдвое больше.
      4. Определить, какому разряду работ по СанПин 2.2.4.3359-16 (табл. 1) соответствует полученное для данного помещения значение КЕО.
      5. Замерить освещенность в помещении лаборатории (Евн) при искусственном освещении в тех же точках, что в п.2, для чего необходимо включить все верхние светильники[[2]](#footnote-2). Значения Евн занести в табл. 6.
      6. Произвести нормирование искусственного и естественного освещения и заполнить табл.7 в соответствии со СанПин 2.2.4.3359-16 (табл.1) для заданных зрительных работ (табл. П.1 Приложения).

**Порядок нормирования осветительных условий для заданной зрительной работы по СанПин 2.2.4.3359-16.**

* 1. Определить разряд зрительной работы, зная минимальный размер объекта различения по табл.2. Размер объекта различения (мм) определяется ориентировочно; примеры объектов зрительной работы и соответственно их размеры представлены на стенде.
  2. Определить подразряд зрительной работы по СанПин 2.2.4.3359-16 (табл. 1), для чего:

а) определить характеристику фона (светлый, средний или темный) по коэффициенту отражения фона (ρф) путем визуального сравнения с образцами, имеющими различные ρ, представленным на стенде;

б) рассчитать контраст объекта с фоном (*К*), зная коэффициент отражения объекта (ρо), который находится также путем визуального сравнения с образцами ρ и, зная ρф, по рассчитанному значению контраста (*К*) определить его характеристику (табл.5) можно также определить контраст по образцам контрастов объекта с сроком, представленных на стенде;

в) построчное сочетание характеристики фона и контраста (табл. 1) даст подразряд работы.

* 1. Определить нормируемое значение освещенности (Ен) для искусственного освещения, зная разряд и подразряд работы (табл. 1) и зная разряд определить значение КЕО для бокового освещения (табл. 1) для системы совмещенного освещения.
  2. Считая, что заданные зрительные работы выполняются на данном стенде, измерить освещенность в горизонтальной Ег и вертикальной Ев плоскостях. В зависимости от положения (горизонтального или вертикального) плоскости объекта различения, сравнить полученные значения с нормируемой освещенностью (табл.7). Результаты сравнения занести в табл.8.

### **Содержание отчета**

Отчет должен содержать:

Результаты измерений освещенности *Е*вн при естественном и искусственном освещении, а также расчетное значение КЕО (*е*) в виде табл.6.

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *l*, м | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| *E*вн, лк (при естественном освещении) |  |  |  |  |  |
| *E*вн, лк (при искусственном освещении) |  |  |  |  |  |
| КЕО (e), % |  | | | | |

Значение наружной освещенности Енар.

Графики Евн=f(l) для естественного и искусственного освещения.

Результаты нормирования осветительных условий для заданных зрительных работ в виде табл.7.

Таблица 7.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наимено-вание нормируемой операции или работы | Наимень-  ший размер объекта разли-  чения, мм | Разряд зритель-  ной работы | Контраст объекта с фоном | Характе-ристика фона | Подразряд зритель-  ной работы | Нормирован-  ные значения искусствен-  ного освещения *E*вн, лк | Нормиро-  ванные значения КЕО (e), % |

Результаты значений фактической освещенности, замеренной в плоскости, в которой выполняются заданные зрительные работы (Ег или Ев) в виде табл.8.

Таблица 8.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование нормируемой операции | *E*г, лк | *Е*в, лк | *Е*н, лк |
|  |  |  |  |

Вывод о достаточности естественного и искусственного освещения.

Расчет числа светильников для выполнения зрительных работ, приведенных в табл.7. Характеристики помещения берутся из табл. П.2 Приложения, параметры люминесцентных ламп из табл. 9, а коэффициенты использования из табл. П.3.

## **Контрольные вопросы и задания**

1. Какие величины относятся к основным показателям, характеризующим освещение?
2. Дайте определение и назовите единицу измерения светового потока.
3. Какой величиной характеризуют пространственную плотность светового потока?
4. В каких единицах измеряется сила света?
5. Дайте определение и назовите единицу измерения освещенности.
6. Дайте определение и назовите единицу измерения яркости.
7. От каких параметров зависит яркость освещенных поверхностей?
8. Назовите виды и системы освещения.
9. Что такое коэффициент естественной освещенности и как он измеряется?
10. Чем регламентируется достаточность естественного освещения в помещениях?
11. В зависимости от каких параметров установлены нормами значения КЕО?
12. В какой точке помещения нормируется минимальное значение коэффициента естественной освещенности (КЕО)?
13. Каков принцип нормирования искусственного освещения?
14. От каких параметров зависит разряд и подразряд зрительных работ?
15. В каких случаях освещенность повышается на одну ступень?
16. В чем заключается расчет освещения по методу коэффициента использования?
17. Каким прибором измеряется освещенность и на чем основан принцип его действия?
18. Методом коэффициента использования светового потока определить необходимое число светильников N (при общей системе освещения) для обеспечения требуемой нормируемой освещенности:
19. *Е*н = 200 лк; 2) *Е*н = 300 лк при *К*=1,4*; z*=1,1. Освещение в помещении площадью (12x20) м2 может быть выполнено двухламповыми светильниками ЛСП с люминесцентными лампами различного типа. Коэффициент использования *U*оу=0,65. Расчетное значение светового потока люминесцентных ламп приведено в табл.9.

Таблица 9

Характеристики люминесцентных ламп

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип лампы | ЛБ | ЛТБ | ЛХБ | ЛД | ЛДЦ | Philips TL`D |
| Цветность (цвет) | Белый | Тепло -белый | Холодно- белый | Дневной | Дневной, улучшенная цветопередача | Дневной |
| Мощность, Вт | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 18 |
| Световой поток, лм | 3200 | 3100 | 3000 | 2500 | 2200 | 1150 |
| Длина, мм | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 600 |

1. Методом коэффициента использования светового потока рассчитать световой поток Ф лампы, необходимый для создания в помещении площадью (14х16) м2 освещенности Ен = 150 лк при К=1,4 и z=1,1, если известно число ламп 1) N=18; 2) N=24; 3) N=30; 4) N=36; 5) N=40. Коэффициент использования Uоу =0,6. По полученному в результате расчета световому потоку подобрать по табл.6 ближайшую стандартную лампу.
2. Рассчитать число светильников методом коэффициента использования по варианту, указанному преподавателем (табл. П.1 Приложения). Коэффициенты использования взять из табл. П.3.

#### Литература

1. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. М.: Министерство регионального развития Российской Федерации, 2011 г.,69 с.
2. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах,2016 г.,
3. Справочная книга по светотехнике. Под ред. Ю.Б. Айзенберга. М.: Энергоатомиздат, 1995. 528с.
4. Монахов А.Ф., Смирнов П.А. Расчет производственного освещения. М.: Издательство МЭИ, 2002. 16 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Табл. П.1

## Задание для нормирования осветительных условий

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ бригады** | **1** | **2** | **3** |
| **1** | **Шкала люксометра** | **Рукописный текст** | **Калькулятор** |
| **2** | **Измерительная линейка** | **Печатный текст** | **Часы стрелочные** |
| **3** | **Пайка микросхемы** | **Клавиатура компьютера** | **Топографическая карта** |
| **4** | **Винтовое соединение** | **Карандашный текст** | **Измерительная линейка** |
| **5** | **Замена индикаторных ламп** | **Часы стрелочные** | **Электронный секундомер** |
| **6** | **Термометр** | **Чертежные работы** | **Шкала анемометра** |
| **7** | **Клавиатура компьютера** | **Топографическая карта** | **Шкала шумомера** |

Табл. П.2

Задание для расчета числа светильников.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ бригады или вариант заданый преподавателем** | **Светильник** | | | **Размеры помещения** | | | **Коэффициенты отражения** | | |
| **Тип** | **Число ламп** | **Мощность лампы, Вт** | **A, м** | **B, м** | **H, м** | **ρп, %** | **ρс, %** | **ρр, %** |
| 1 | ЛДОР | 2 | 40 | 10 | 20 | 2 | 70 | 50 | 10 |
| 2 | ЛДОР | 2 | 40 | 15 | 14 | 3 | 50 | 30 | 10 |
| 3 | ARS/R | 4 | 18 | 16 | 12 | 4 | 70 | 50 | 30 |
| 4 | ЛДОР | 2 | 40 | 18 | 12 | 5 | 70 | 50 | 10 |
| 5 | ЛДОР | 2 | 40 | 11 | 19 | 2 | 50 | 30 | 10 |
| 6 | ARS/R | 4 | 18 | 13 | 10 | 3 | 70 | 50 | 30 |
| 7 | ЛДОР | 2 | 40 | 9 | 17 | 4 | 70 | 50 | 10 |
| 8 | ЛДОР | 2 | 40 | 15 | 18 | 5 | 50 | 30 | 10 |
| 9 | ARS/R | 4 | 18 | 8 | 22 | 2 | 70 | 50 | 30 |

Табл. П. 3

## Коэффициенты использования

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип светильника | Коэффициенты  отражения  ρп, ρс, ρр | **Значение коэффициента использования** *U*оу **в  при значении индекса помещения ϕ равном** | | | | | | | | | |
| 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,25 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 | 4,0 | 5,0 |
| ЛДОР | 70; 50; 10 | 0,29 | 0,36 | 0,43 | 0,47 | 0,51 | 0,56 | 0,60 | 0,62 | 0,64 | 0,67 |
| ЛДОР | 50; 30; 10 | 0,22 | 0,30 | 0,36 | 0,40 | 0,44 | 0,49 | 0,53 | 0,55 | 0,58 | 0,60 |
| ARS/S | 70; 50;30 | 0,36 | 0,44 | 0,50 | 0,56 | 0,60 | 0,66 | 0,70 | 0,73 | 0,76 | 0,78 |
| ARS/S | 50; 30;10 | 0,29 | 0,36 | 0,42 | 0,47 | 0,51 | 0,56 | 0,59 | 0,61 | 0,64 | 0,65 |

1. В зимний период измерение наружной освещенности производится у окна. [↑](#footnote-ref-1)
2. В случае незатемненных окон (в дневное время) замеры производить при совмещенном освещении. Сделать допущение о том, что освещение является совмещенным. [↑](#footnote-ref-2)