

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Алтайский государственный технический
университет им. И.И.Ползунова»

М. Н. Вишняк, А. А. Вихарев, А.А. Мельберт

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ И ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех форм обучения

Барнаул – 2016

УДК 628.9

Вишняк М.Н. Исследование характеристик производственного освещения и источников света. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех форм обучения /М.Н. Вишняк, А.А. Вихарев, А.А. Мельберт; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул, 2016. – 32 с.

Методическое указание составлено в соответствии с программой курса «Безопасность жизнедеятельности», утвержденной действующим стандартом Минобразования. В работе описаны методики лабораторных работ по теме «Организация освещения рабочих мест».

Предлагаемое издание рассмотрено и одобрено на заседании
кафедры «Безопасность жизнедеятельности».
Протокол № 4 от 14.12.2015 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Цели и задачи	4
2	План выполнения лабораторной работы	4
3	Теоретические основы производственного освещения	4
3.1	Основные характеристики освещения и световой среды	6
3.2	Виды освещения и его нормирование	17
3.2.1	Естественное освещение	18
3.2.2	Искусственное освещение	22
3.2.3	Источники искусственного света	26
4	Экспериментальная работа	34
4.1	Устройство и работа стенда	34
4.2	Устройство и работа люксметра Ю-116	37
4.3	Устройство и работа люксметра VICTOR 1010A	40
4.4	Методика проведения и оформления результатов исследования	45
4.4.1	Определение коэффициента естественной освещенности (КЕО)	45
4.4.2	Определение световой отдачи ламп	52
4.4.3	Определение коэффициента отражения ρ	53
5	Содержание отчета	57
6	Контрольные вопросы	58
	Список используемой литературы	59

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

1.1. Ознакомиться с теоретическими основами производственного освещения;

1.2. Изучить методику исследования характеристик освещенности и источников света.

2. ПЛАН ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

2.1. Ознакомиться с методическими указаниями;

2.2. Выбрать самостоятельно или с помощью преподавателя вариант задания и выполнить его в полном объеме;

2.3. Оформить индивидуальный отчет;

2.4. Ответить на контрольные вопросы и защитить отчет у преподавателя.

3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Свет - один из важнейших элементов организации пространства и главный посредник между человеком и окружающим его миром.

Освещение выполняет полезную общефизиологическую функцию, способствующую появлению благоприятного психического состояния людей. Достаточный уровень освещения всех рабочих помещений, используемого оборудования, рабочих мест, объектов и средств труда, рабочих поверхностей является необходимым условием обеспечения не только высокой эффективности труда человека в техносфере, но и безопасности его жизнедеятельности. Известно, что зрение составляет человеку свыше 85% всей информации, поступающей из среды обитания. Органы зрения человека приспособлены к восприятию световой энергии в диапазоне длин волн от 380 до 760 нм, соответствующих изменению цвета от темно-фиолетового до темно-красного. Максимум чувствительности человеческого глаза приходится на длину волны, равную 554—556 нм и характерную для желто-зеленого цвета.

Освещение, удовлетворяющее гигиеническим и экономическим требованиям, называется рациональным. К этим требованиям относятся: достаточная освещенность, равномерность, отсутствие ослепляющего воздействия и пульсации светового потока, благоприятный спектральный состав, экономичность. Создание такого освещения на производстве является важной и актуальной задачей.

3.1 ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСВЕЩЕНИЯ И СВЕТОВОЙ СРЕДЫ

Для гигиенической оценки условий освещения используются светотехнические единицы, принятые в физике.

К количественным показателям освещения относятся:

1. Световой поток F – это та часть электромагнитных излучений, которая воспринимается зрением человека как свет. Единицей измерения светового потока является люмен (лм). Величина светового потока происходит из энергетического потока (мощности) посредством оценки излучения приемником со стандартной спектральной чувствительностью глаз (рисунок 1).

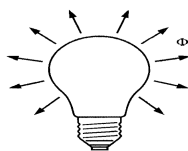


Рисунок 1

Таблица 1

Общие величины		Фотометрические величины	
Энергия излучения, Q_e	Дж	Световая энергия (количество света), W	лм·с
Мощность излучения (поток излучения), Φ_e	Вт	Световой поток, F	лм
Энергетическая экспозиция, H_e	Дж/м ²	Световая экспозиция, H	лк·с
Энергетическая освещенность (поверхностная плотность потока), E_e	Вт/м ²	Освещенность, E	лк
Сила излучения (энергетическая сила света), I_e	Вт/ср	Сила света, I	кд
Энергетическая яркость, V_e	Вт/(ср·м ²)	Яркость, L	кд/м ²

2. Сила света J – это интенсивность светового потока в любом направлении от светящейся точки. Это световой поток на малую поверхность, перпендикулярную к направлению его распространения, деленный на телесный угол с вершиной в точке источника, опирающегося на эту поверхность (рисунок 2).

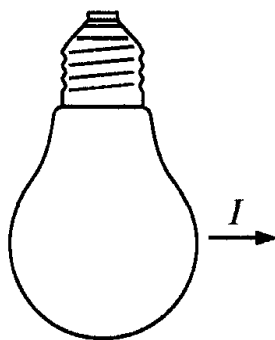


Рисунок 2

Или иначе, это пространственная плотность светового потока.

$$J = F/W, \quad [1]$$

где W - телесный (пространственный) угол в стерadianах (ср).

$$W = S/R^2, \quad [2]$$

где S - площадь, вырезанная из сферы произвольного радиуса R в метрах.

Единицей силы света является кандела (кд) $1\text{ кд} = 1\text{ лм/1ср}$.

3. Освещенность E – отношение светового потока к площади S , освещаемой им поверхностью:

$$E = \frac{F}{S}, \quad [3]$$

На практике среднюю освещенность заданной поверхности рассчитывают отношением светового потока, падающего на эту поверхность, к площади A освещенной поверхности (рисунок 3).

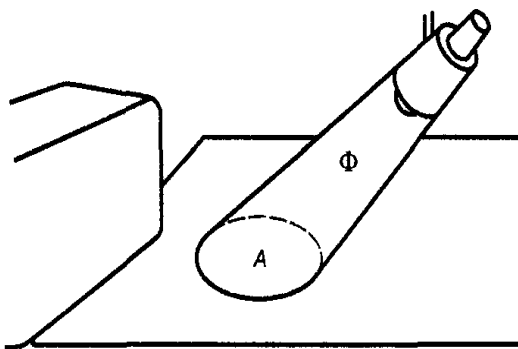


Рисунок 3

Единица освещенности – люкс (лк). Это освещенность поверхности площадью 1 м^2 при световом потоке падающего на нее излучения, равном 1 люмену. Освещенность нормируется и контролируется на производстве.

Для нормальной жизнедеятельности человека и комфортных условий труда вполне приемлемым считается диапазон освещенности 100—700 лк, причем использование большего уровня освещенности всегда обусловлено необходимостью выполнения более мелких и точных работ. Низкие уровни освещенности рабочих помещений на уровне 50—30 лк вообще нежелательны,

так как производительность труда человека при этом существенно снижается в среднем на 15—28%.

4. Яркость:

$$L = \frac{J}{S \cdot \cos \alpha}, \quad [4]$$

где α – угол между нормалью освещаемой поверхности и направлением светового потока от источника света.

Измеряется яркость в кд/м. Яркость освещенных поверхностей зависит от их световых свойств, от степени освещенности, а в большинстве случаев так же от угла α , под которым рассматривается поверхность.

5. Коэффициент отражения ρ – это отношение отраженного светового потока F_o к падающему световому потоку F :

$$\rho = \frac{F_o}{F} \quad [5]$$

Коэффициент отражения зависит от направления падения света (за исключением матовых поверхностей) и спектрального состава света.

6. Коэффициент поглощения τ – это отношение поглощенного светового потока F_{n2} к падающему световому потоку F :

$$\tau = \frac{F_{n2}}{F} \quad [6]$$

7. Коэффициент пропускания γ – это отношение прошедшего через прозрачную поверхность светового потока F_{np} к падающему на данную поверхность светового потока F :

$$\gamma = \frac{F_{np}}{F} \quad [7]$$

Коэффициенты ρ, τ, γ зависят от цвета (белый, черный и т.д.), физических свойств материала (металл, стекло, бумага, шероховатость и др.) и состояния освещенных поверхностей, но сумма их всегда равна единице, т.е. $\rho + \tau + \gamma = 1$.

Требуемый уровень освещенности определяется степенью точности зрительных работ. Для рациональной организации освещения необходимо не только обеспечить достаточную освещенность рабочих поверхностей, но и создать соответствующие качественные показатели освещения.

К качественным характеристикам относятся:

1. **Фон** – это поверхность, прилегающая к объекту различения. Например, чертеж на белой бумаге. Линии чертежа – это объект различения. Белая бумага, на которой расположен чертеж с линиями, обозначениями и др. – это фон. Фон характеризуется способностью отражать световой поток и считается светлым при коэффициенте отражения поверхности $\rho > 0,4$, средним при $\rho = 0,2 \dots 0,4$ и темным при $\rho < 0,2$.

2. **Контраст** объекта различения с фоном K :

$$K = \frac{L_o - L_\phi}{L_\phi}, \quad [8]$$

где L_o, L_ϕ – яркость объекта и фона.

В зависимости от величины K контраст считается:

- большим при $K > 0,5$ (объект и фон резко различаются по яркости);
- средним при $K = 0,2 - 0,5$ (объект и фон заметно отличаются по яркости);
- малым при $K < 0,2$ (объект и фон мало или почти неразличимы по яркости).

Соотношения характеристик фона и контраста (ρ и K) на практике в значительной мере определяют зрительные условия труда.

3. Спектральный состав света

Оптический диапазон электромагнитного спектра включает инфракрасную область спектра в диапазонах от 1 мм до 760 нм, воспринимаемую человеком как тепловое излучение. Видимую часть спектра воспринимаемую как цвета и их оттенки – красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. И ультрафиолетовое излучение – невидимая человеком часть спектра электромагнитного излучения с длиной волны от 380 до 1 нм (рисунок 4).

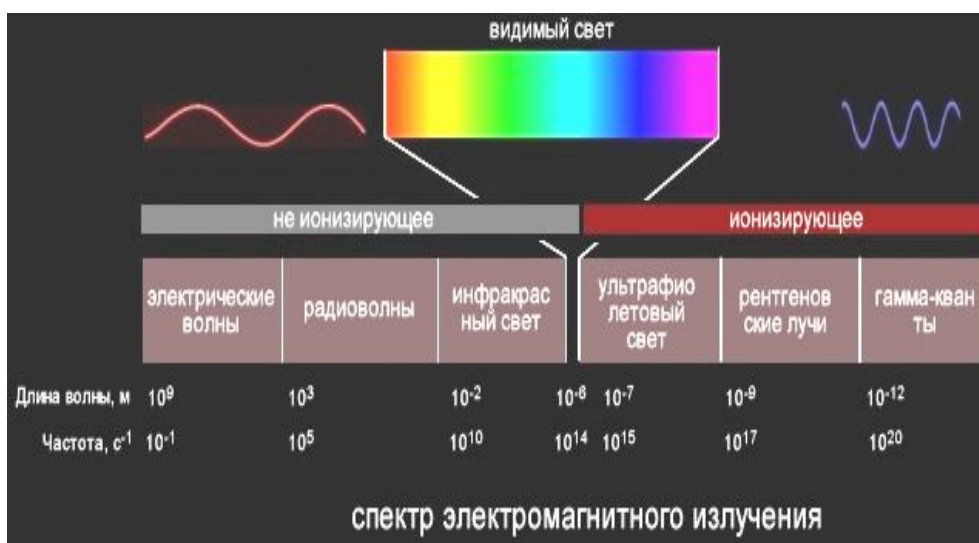


Рисунок 4

Благоприятный для человека спектральный состав видимого света обозначается как комфортный световой климат и способствует достижению максимальной эффективности труда человека. Наилучшим по спектру для человека является естественное дневное освещение. В вечернее и ночное время суток для зрения благоприятны обычные лампы накаливания, спектр излучения которых близок к естественному освещению и единственным недостатком которых является их довольно малый коэффициент полезного действия (собственно на освещение расходуется лишь 8—15% потребляемой ими электроэнергии).

4. Блесткость или ослепленность – это наличие ярких источников света в поле зрения, оказывающее неблагоприятное ощущение и раздражающие человека.

Различают прямую блесткость, возникшую от ярких источников света и частей светильников, попадающих в поле зрения человека, и отраженную блесткость от поверхностей с зеркальным отражением. Блесткость в поле зрения вызывает чрезмерное раздражение и снижает чувствительность и работоспособность глаза. Такое изменение нормальных зрительных функций называется *слепимостью*.

В ряде случаев на практике, вместо понятия блесткости, пользуются показателем ослепленности P , выражающийся формулой:

$$P = \left(\frac{V_1}{V_2} - 1 \right) \cdot 1000, \quad [9]$$

где V_1, V_2 – видимость объекта различения соответственно при экранировании и наличии ярких источников света в поле зрения.

Видимость V характеризует способность глаза воспринимать объект и зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности наблюдения и др.

5. Пульсация освещенности, выражаемая коэффициентом пульсации K_n :

$$K_n = \frac{100 \cdot (F_{\max} - F_{\min})}{2F_{cp}}, \quad [10]$$

где $F_{\max}, F_{\min}, F_{cp}$ – соответственно максимальный, минимальный и средний световой поток в единицу времени. Пульсация освещенности характерна для газоразрядных ламп, питаемых переменным током.

Величина этого коэффициента связана с наличием перепадов напряжения в электросети при включении и выключении мощного электрооборудования, а также с физической природой самих осветительных приборов.

6. Цилиндрическая освещенность E_{π} – это средняя освещенность боковой поверхности вертикального цилиндра, размеры которого стремятся к нулю. Определяется делением вертикальной освещенности в плоскости, перпендикулярной к поверхности светового луча, на π .

7. Показатель дискомфорта M – это характеристика качества освещения, определяющая степень дополнительной напряженности зрительной работы, вызванной наличием резкой разницы яркостей одновременно видимых поверхностей в освещенном помещении.

Как правило, величина этого показателя для комфортных условий труда человека находится в следующем диапазоне значений:

- 0,1 — для подсобных и складских помещений;
- 0,13 — для административных помещений;
- 0,17 — для аудиторий и других учебных помещений;
- 0,2 — для торговых помещений и спортивных залов.

3.2 ВИДЫ ОСВЕЩЕНИЯ И ЕГО НОРМИРОВАНИЕ

Освещение подразделяется на естественное, искусственное и совмещенное (рисунок 5).

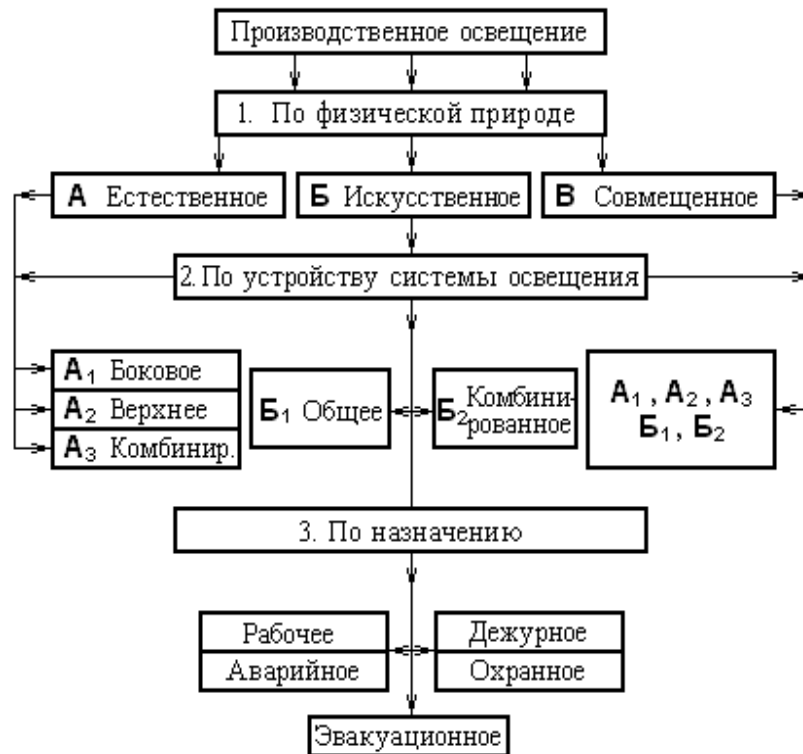


Рисунок 5 – Виды освещения

3.2.1 ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Естественное освещение разделяется на *боковое* (световые проемы в стенах), *верхнее* (прозрачные перекрытия и световые фонари на крыше) и *комбинированное* (наличие световых проемов в стенах и перекрытиях одновременно).

В зависимости от географической широты, времени года, часа дня, и состояния погоды, уровень естественного освещения может резко изменяться за очень короткий промежуток времени и в довольно широких пределах. Для оценки использования естественного света введено понятие коэффициента естественной освещенности (КЕО) и установлены минимальные допустимые значения КЕО — это отношение освещенности E_B внутри помещения за счет естественного света к наружной освещенности E_H от всей полусферы небосклона, выраженное в процентах:

$$KEO = \frac{E_B}{E_H} \cdot 100\%, \quad [11]$$

Естественное освещение, из-за его непостоянства во времени оценивается только величиной KEO . Величина этого коэффициента нормирована «Строительными нормами и правилами» для каждого из пяти световых поясов (поясов светового климата) Российской Федерации в соответствии с характером выполняемых внутри помещений работ и необходимым для этого уровнем освещенности. Обычно значения коэффициента естественной освещенности находятся в диапазоне от 0,1% (для эпизодически посещаемых помещений) до 3,5% (для работ наивысшей точности при боковом освещении) и до 6% (при верхнем или комбинированном освещении). Величина освещенности E в помещении от естественного света небосвода зависит от времени года, времени дня, наличия облачности, а так же доли светового потока Φ от небосвода, которая проникает в помещение. Эта доля зависит от размера световых проемов (окон, световых фонарей); светопрозрачности стекол (сильно зависит от загрязненности стекол); наличия напротив световых проемов зданий, растительности; коэффициентов отражении стен и потолка помещения (в помещениях с более светлой окраской естественная освещенность лучше) и т. д.



Рисунок 6 – Световой фонарь



Рисунок 7 – Боковое остекление

KEO не зависит от времени года и суток, состояния небосвода, а определяется геометрией оконных проемов, загрязненностью стекол, окраской стен помещений и т. д. Чем дальше от световых проемов, тем меньше значение KEO (рисунок 8).

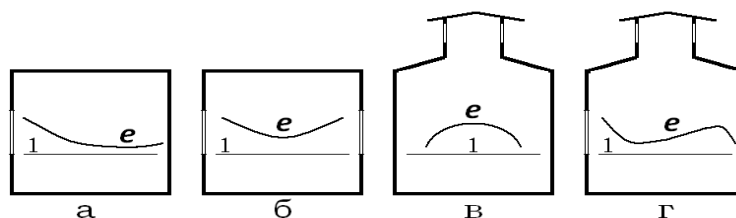


Рисунок 8 – Распределение **КЕО** по поперечному разрезу помещений:

- а - одностороннее боковое освещение;
- б - двухстороннее боковое освещение;
- в - верхнее освещение;
- г - комбинированное освещение;
- 1 - уровень рабочей плоскости.

Минимальная допустимая величина КЕО определяется разрядом работы: чем выше разряд работы, тем больше минимально допустимое значение КЕО. Например, для I разряда работы (наивысшей точности) при боковом естественном освещении минимально допустимое значение КЕО равно 2 %, при верхнем — 6 %, а для III разряда работы (высокой точности) соответственно 1,2 % и 3 %. По характеристике зрительской работы труд учащихся можно отнести ко второму разряду работы, и при боковом естественном освещении в аудитории, лаборатории на рабочих столах и партах должен обеспечиваться $КЕО = 1,5 \%$.

В нормах на естественное освещение (КЕО) учитываются:

- а - разряд зрительных работ (подразряды не учитываются);
- б - устройство системы освещения (верхнее или боковое);
- в - районы расположения здания и ориентация световых приемов по сторонам горизонта

3.2.2 ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых недостаточно естественного света, или для освещения помещения в темное время суток.

Искусственное освещение может быть *общим* и *комбинированным* (когда к общему освещению добавляется местное освещение). Использование только местного освещения недопустимо, так как резкий контраст между ярко освещенными и неосвещенными участками утомляет глаза, замедляет процесс работы и может послужить причиной несчастных случаев и аварий.

При **общем освещении** все места в помещении получают свет от общей осветительной установки. В этой системе источники света распределены равномерно без учета расположения рабочих мест. Средний уровень освещения должен быть равен уровню освещения, требуемого для выполнения

предстоящей работы. Эти системы используются главным образом на участках, где рабочие места не являются постоянными.

Комбинированное освещение наряду с общим включает местное освещение (местный светильник, например настольная лампа), сосредотачивающее световой поток непосредственно на рабочем месте. Использование местного освещения совместно с общим рекомендуется применять при высоких требованиях к освещенности.

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

Рабочее освещение обязательно во всех помещениях и на освещаемых территориях для обеспечения нормальной работы людей и движения транспорта. *Дежурное* освещение включается во вне рабочее время. *Аварийное* освещение предусматривается для обеспечения минимальной освещенности в производственном помещении на случай внезапного отключения рабочего освещения. *Охранное* освещение устраивают вдоль границ территорий, охраняемых специальным персоналом. *Эвакуационное освещение* — для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения. Условно к производственному освещению относят бактерицидное и эритемное облучение помещений. Бактерицидное облучение («освещение») создается для обеззараживания воздуха, питьевой воды, продуктов питания. Наибольшей бактерицидной способностью обладают ультрафиолетовые лучи с длиной волны 254...257 нм. Эритемное облучение создается в производственных помещениях, где недостаточно солнечного света (северные районы, подземные сооружения). Максимальное эритемное воздействие оказывают электромагнитные лучи с длиной волны 297 нм. Они стимулируют обмен веществ, кровообращение, дыхание и другие функции организма человека.

Для организации аварийного, эвакуационного, охранного и сигнального видов освещения чрезвычайно важным параметром является *световая чувствительность зрения человека*, под которой понимается минимальная освещенность поверхности или объекта, различимая человеком в темноте. Аварийное освещение должно обеспечивать освещенность поверхностей не менее 2 лк, охранное освещение — не менее 0,5 лк, эвакуационное освещение — не менее 0,5 лк на полу проходов и не менее 0,2 лк на открытых территориях.

В современных многопролетных одноэтажных зданиях без световых фонарей с одним боковым остеклением в дневное время суток применяют одновременно естественное и искусственное освещение (**совмещенное освещение**). Важно, чтобы оба вида освещения гармонизировали друг с другом. Для искусственного освещения в этом случае целесообразно использовать люминесцентные лампы.

Нормирование искусственной освещенности

В настоящее время действуют СП 52.13330.2011 "Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*" и СанПиН 2.2.1/1278—03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий», которые распространяются на естественное и искусственное освещение производственных помещений, общественных и жилых зданий, улиц, дорог и площадей, населенных пунктов.

В нормах на искусственное освещение (Е, лк) учитывается:

а - разряд зрительных работ;

б - разновидность устройства систем освещения (общее или комбинированное);

в - характеристики фона и контраста, сочетания которых по условиям видимости образуют в каждом разряде по 4 подразряда (**а, б, в, г**).

Например, сочетание темного фона и малого контраста (черная стрелка на темном циферблате прибора) образуют подразряды "**а**". Условия видимости, при таком сочетании характеристик фона и контраста, неблагоприятны для различения глазом показаний прибора. Поэтому нормативная освещенность в подразрядах "**а**" заложена наибольшая, по сравнению с другими подразрядами.

Сочетание же светлых фонов и больших контрастов образуют подразряды "**г**". Условия видимости при таких фонах и контрастах самые благоприятные для зрения (черные буквы на белой бумаге) так как объекты (черные буквы) очень ярко выделяются на белом фоне. Поэтому нормативная освещенность в подразрядах "**г**" меньше, чем в остальных подразрядах.

Благодаря такой дифференциации норм искусственного освещения видимость объектов различения во всех подразрядах (**а, б, в, г**) одинаково хорошая, способствующая высокопроизводительной работе.

3.2.3 ИСТОЧНИКИ ИСКУССТВЕННОГО СВЕТА

Источники света подразделяются на следующие три категории в зависимости от цвета света, который они излучают:

- «теплого» цвета (белый красноватый свет) — рекомендуются для освещения жилых помещений;
- промежуточного цвета (белый свет) — рекомендуются для освещения рабочих мест;
- «холодного» цвета (белый голубоватый свет) — рекомендуются при выполнении работ, требующих высокого уровня освещенности или для жаркого климата.

Лампы накаливания (Н). Свечение в этих лампах возникает в результате нагрева вольфрамовой нити до высокой температуры. Промышленность выпускает различные типы ламп накаливания:

- вакуумные (НВ);

- газонаполненные (НГ);
- биспиральные (НБ);
- с криптоновым наполнением (НК).

Лампы накаливания просты в изготовлении, удобны в эксплуатации, не требуют дополнительных устройств для включения в сеть. Недостатки этих ламп: малая световая отдача — от 7 до 20 лм/Вт при большой яркости нити накала; низкий КПД, равный 10...13%; срок службы — 800... 1000 ч. Лампы дают непрерывный спектр, отличающийся от спектра дневного света преобладанием желтых и красных лучей, что в какой-то степени искажает восприятие человеком цветов окружающих предметов.

Галогенные лампы накаливания наряду с вольфрамовой нитью содержат в колбе пары того или иного галогена (например, йода), который повышает температуру накала нити и практически исключает испарение. Они имеют более продолжительный срок службы (до 3000 ч) и более высокую светотдачу (до 30 лм/Вт).

Газоразрядные лампы излучают свет в результате электрических разрядов в парах газа. На внутреннюю поверхность колбы нанесен слой светящегося вещества — люминофора, трансформирующего электрические разряды в видимый свет. Различают газоразрядные лампы низкого (люминесцентные) и высокого давления.

Люминесцентные лампы создают в производственных и других помещениях искусственный свет, приближающийся к естественному свету, более экономичны в сравнении с другими лампами и создают освещение, более благоприятное с гигиенической точки зрения.

К другим преимуществам люминесцентных ламп относятся больший срок службы (10000 ч) и высокая световая отдача, достигающая для ламп некоторых видов 75 лм/Вт, то есть они в 2,5...3 раза экономичнее ламп накаливания. Свечение происходит со всей поверхности трубки, следовательно, яркость и слепящее действие люминесцентных ламп значительно ниже, чем у ламп накаливания. Низкая температура поверхности колбы (около 5°С) делает лампу относительно пожаробезопасной.

Несмотря на ряд преимуществ, люминесцентное освещение имеет и некоторые недостатки, к ним относятся: пульсация светового потока, вызывающая стробоскопический эффект (искажение зрительного восприятия объектов различения, когда вместо одного предмета видны изображения нескольких и искажается направление и скорость движения); дорогостоящая и относительно сложная схема включения, требующая регулирующих пусковых устройств (дресселей, стартеров); значительная отраженная блескость; чувствительность к колебаниям температуры окружающей среды (оптимальная температура 20...25°С) — понижение и повышение температуры вызывает уменьшение светового потока.

В зависимости от состава люминофора и особенностей конструкции различают несколько типов люминесцентных ламп, с соответствующей маркировкой:

- лампы белого света (ЛБ);
- лампы дневного света (ЛД);
- лампы тепло-белого света (ЛТБ);
- лампы холодного света (ЛХБ);
- лампы дневного света правильной цветопередачи (ЛДЦ);
- дуговые люминесцентные ртутные лампы высокого давления (ДРЛ).

Наиболее универсальны лампы ЛБ. Лампы ЛХБ, ЛД и особенно ЛДЦ применяются в случаях, когда выполняемая работа предполагает цветоразличение.

Для освещения открытых пространств, высоких (более 6 м) производственных помещений в последнее время большое распространение лампы ДРЛ. Эти лампы в отличие от обычных люминесцентных ламп сосредотачивают в небольшом объеме значительную электрическую и световую мощность. Они работают при любой температуре внешней среды. Кроме того, их можно устанавливать в обычных светильниках взамен ламп накаливания. К недостаткам ламп относится длительное, в течение 5...7 мин, разгорание при включении.

Ведутся разработки по созданию мощных ламп, дающих спектр, близкий к спектру естественного света. Такими источниками являются дуговая кварцевая лампа ДКСТ, выполненная из кварцевого стекла и наполненная ксеноном под большим давлением, галогенные (ДРИ) и натриевые лампы (ДНАТ). Это лампы с цветопередачей, их мощность составляет 1...2 кВт. Такие лампы можно применять для освещения производственных помещений высотой более 10 м.

Для освещения помещений, как правило, следует предусматривать газоразрядные лампы низкого и высокого давления. В случае необходимости допускается использование ламп накаливания. Источники света выбирают с учетом рекомендаций СНиП.

Светоизлучающие диоды (СИД или LED - light emitting diode) значительно более экономичны, чем другие типы ламп, так же следует отметить экологическую чистоту данных источников света, так как они не содержат токсичных веществ и не требуют специальных приемов при их утилизации. Электрический ток в светодиоде преобразуется сразу в световое излучение, таким образом, светодиод мало нагревается. Светодиод может излучать свет только одной длины волны, т.е. любой свет видимого диапазона. Для создания светодиодных светильников белого света используют либо комбинированные многоцветные светодиоды, либо светодиоды, покрытые слоем люминофора, переизлучающего белый свет. Светоизлучающие диоды способны надежно функционировать в самом широком диапазоне рабочих температур. Срок службы СИДа составляет около 50 тыс. часов. Основным недостатком светодиодных ламп можно назвать их высокую стоимость.

Для сравнения эффективности источников света между собой используется светотдача: величина светового потока на 1Вт электрической мощности (рисунок 8).

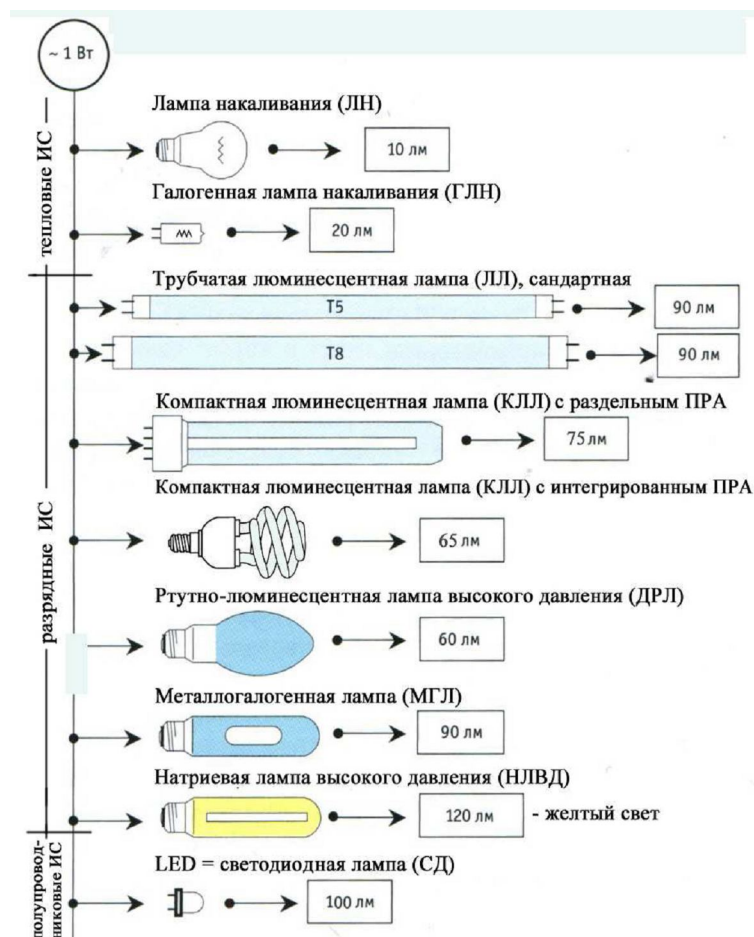


Рисунок 8 – Световая отдача лам

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАБОТА

Порядок выполнения:

- а** - ознакомление с устройством и работой исследовательского оборудования - стенда и люксметра;
- б** - выполнение экспериментально-практической работы по разработанной методике в объеме выбранного варианта задания;
- в** - оформление результатов исследований.

4.1 УСТРОЙСТВО И РАБОТА СТЕНДА

Бережное обращение со стендом и приборами, строгое соблюдение методических указаний гарантируют Вам надежность его работы и удовлетворение лабораторными занятиями.

Лабораторный стенд оригинальной конструкции (рисунок 9) предназначен для исследования основных характеристик освещенности. Стенд разработан и изготовлен группой студентов и преподавателей кафедры БЖД под руководством доцента Д.С. Стурова.

На столе (1) установлен люксметр (2) с управляющим тумблером (3), световая камера (4) с горизонтально плавающим светильником (7) по направляющей струне (8). На камере (4) на кронштейнах (10) закреплены подвижные светильники с газоразрядной лампой (12) и с лампой накаливания (13). Поворот на 90° светильников (12, 13) достигается за счет шарнирного их соединения с кронштейнами (10). Установка в вертикальном положении выполняется за счет телескопических держателей (11).

Стенд включается в работу выключателем (а). Выключатели (б, в, г) управляют светильниками (12, 13 и 7) соответственно. Тумблер (3) в правом положении включает правый фотоэлемент люксметра (2), в левом положении – включает левый фотоэлемент, принадлежащий другому люксметру (на рисунке 14 не показан).

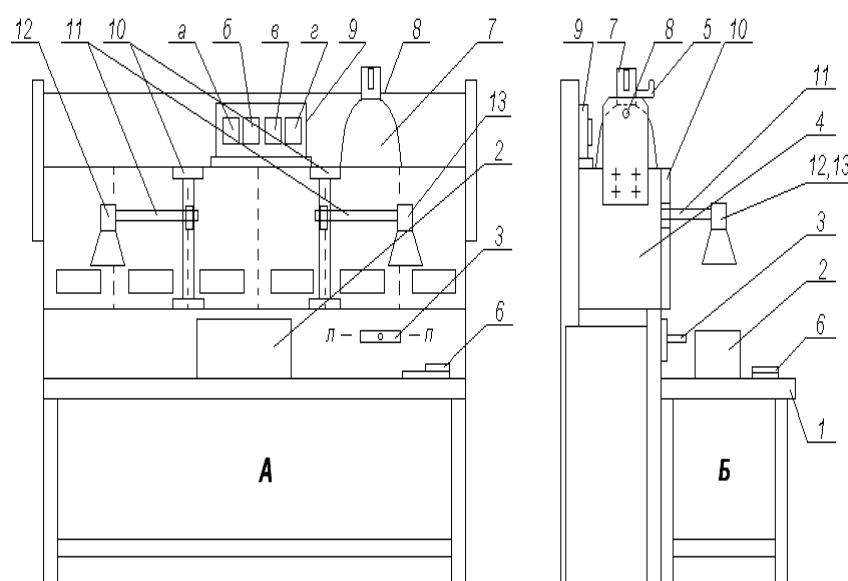


Рисунок 9 – Стенд для исследования основных характеристик освещенности и источников света

1 – стол; 2 – люксметр; 3 – тумблер; 4 – камера световая; 5 – ручка; 6 – фотоэлемент; 7 – светильник; 8 – направляющая; 9 – кнопочная станция (а – включение стенда; б – выключатель газоразрядной лампы; в – выключатель лампы накаливания; г – выключатель лампы светильника 7); 10 – кронштейн; 11 – телескопический держатель светильника; 12 – светильник с газоразрядной лампой; 13 – светильник с лампой накаливания.

4.2 УСТРОЙСТВО И РАБОТА ЛЮКСМЕТРА Ю-116

Люксметр модели Ю-116 (рисунок 10) предназначен для измерения искусственной и естественной освещенности величиной до 100 000 лк магнитоэлектрическим методом.

В состав прибора входят:

Измеритель (1), селеновый фотоэлемент (2), соединительный провод (3), светопоглощительные насадки (4) с индексами M , P , T , K и магазин (5) для укладки и хранения насадок.

На панели измерителя, слева, размещены стрелочный механизм и две шкалы: (а) 0-30 и (б) 0-100. На каждой шкале точками отмечено начало диапазона измерений: на шкале (а) точка находится на отметке 5, на шкале (б) – на отметке 20.

Справа на панели измерителя размещены пределы измерений по шкалам и две кнопки А и Б, нажатием на одну из которых производится включение прибора и отсчет результатов измерений по соответствующей шкале. Для того, чтобы измеритель (1) начал работать, следует предварительно поставить тумблер (3) на стенде в нужное положение.

Насадки M , P , T , K самостоятельного применения не имеют. Они используются как светопоглощительные элементы только в комплекте с насадкой K , ослабляющие световой поток при измерениях освещенности в 10 раз – комплект KM , в 100 раз – комплект KP и в 1000 раз – при комплекте KT . Благодаря насадкам диапазон измерения освещенности расширяется в 1000 раз!

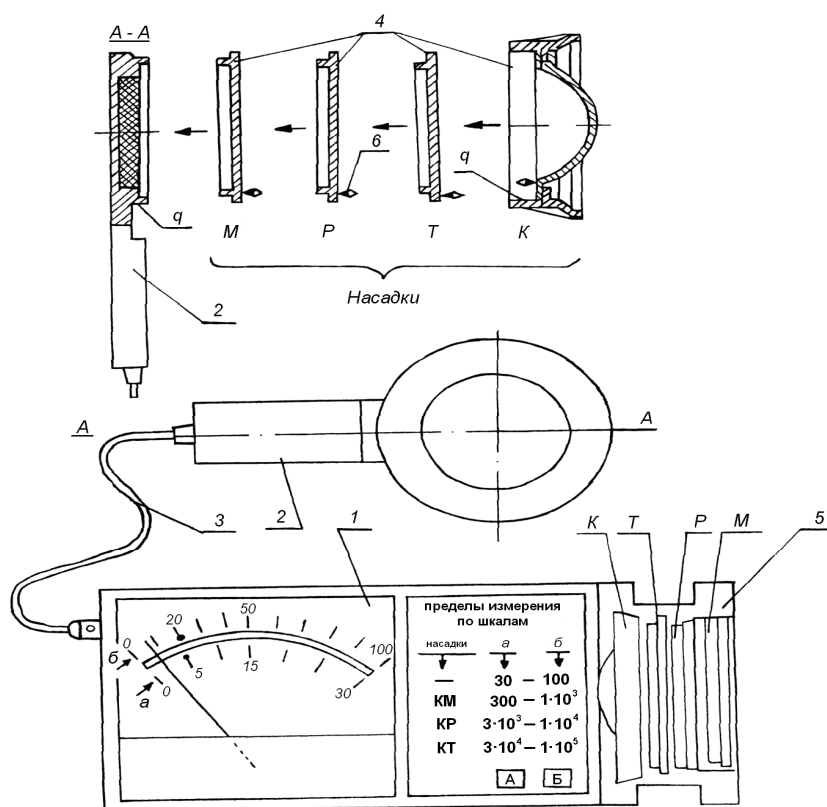


Рисунок 10 – Люксметр Ю-116

1 – измеритель; 2 – фотоэлемент; 3 – провод; 4 – насадки; 5 – магазин;
6 – маркировка насадок

Правила пользования люксметром

1 Подготовить люксметр к работе для чего:

1.1 Открыть футляр и извлечь из него фотоэлемент (2) (рисунок 8).

1.2 Из магазина 5 извлечь необходимые насадки *KP, KM, KT* и, совмещая их с фотоэлементом по резьбе *q*, соединить в одно целое. Эту процедуру следует делать **осторожно**, чтобы не нарушить резьбу, электропровод и сами сопрягаемые детали.

ВНИМАНИЕ! запрещается долгое время держать фотоэлемент не защищенным на свету! Это может привести к преждевременной разрядке фотоэлектрической эмиссии и порче фотоэлемента. Следует повернуть фотоэлемент чувствительной частью вниз и держать на столе до эксперимента.

2 Работа с люксметром Ю-116

2.1 Фотоэлемент при измерениях должен быть в горизонтальном положении на средней линии стола под светильником (12, 13, 7).

2.2 Прибор включается нажатием кнопок А и Б. При нажатии кнопки А отсчет результатов следует производить по шкале (*a*) в диапазоне $(5-30) \cdot 100$ для комбинации насадок *K, P* (таблица 6). При нажатии кнопки Б – результаты считывать по шкале (*б*) в диапазоне $(20-100) \cdot 100$.

2.3 Если же стрелка от нуля не доходит до значений 5 и 20, отмеченных точками, надо заменить насадку *P* на *M*. При этом результаты измерений будут в диапазонах $(5-30) \cdot 10$ и $(20-100) \cdot 10$. Когда же и это не помогает, следует измерять освещение «голым» фотоэлементом, т.е. без насадок. Отсчет результатов пойдет тогда по шкалам 5-30 или 20-100.

2.4 В случае зашкаливания стрелки прибора (с насадками *KP*), надо насадку *P* заменить на насадку *T*. Показания стрелки при этом следует умножить на 1000.

2.5 Оберегайте люксметр от ударов и сотрясений! Обращайтесь с фотоэлементом и насадками как с оптическими приборами. Старайтесь не касаться руками их рабочих поверхностей.

4.3 УСТРОЙСТВО И РАБОТА ЛЮКСМЕТРА VICTOR 1010A

Для измерения освещенности будем использовать автоматический микропроцессорный цифровой люксметр VICTOR 1010A. Этот прибор способен производить измерения в диапазоне от 0,1 до 50000 лк.



Рисунок 11 – Внешний вид люксметра

Для включения прибора нажмите кнопку «**POW**», услышав тикающий звук, отпустите кнопку. При этом на ЖК-дисплее отобразятся все его элементы, и прибор начнет процедуру самопроверки длительностью 2 секунды. После чего прибор перейдет в рабочее состояние. Сначала убедитесь, что на ЖК-дисплее отсутствует индикатор «□» (индикация разряженной батареи питания). В противном случае это означает, что напряжение на батарее ниже нормального уровня, и она не может обеспечить нормальную работу и точность измерения освещенности. Индикация **AUTO** показывает, что осуществляется автоматический выбор диапазона измерения. Измеритель освещенности автоматически выбирает нужный диапазон измерения и не требует ручного переключения. Снимите защитную крышку с фотодатчика – прибор готов к работе.

Если измеряемая освещенность превышает 2000 лк, на ЖК-дисплее появляется индикатор **X10**, указывающий на необходимость умножить показания прибора на 10. Если измеряемая освещенность превышает 20000 лк для получения действительного значения показания прибора необходимо умножить на 100, при этом на ЖК-дисплее появляется индикатор **X100**. При измерении освещенности свыше 50000 лк следует помнить, что полученный результат носит лишь оценочный характер.

Для фиксации на дисплее текущего показания нажмите кнопку «**H**», после чего раздастся тикающий звук и на ЖК-дисплее появится индикатор **H**, при этом текущее показание будет зафиксировано, для возврата в режим измерения необходимо еще раз нажать кнопку «**H**».

Для фиксации максимального значения нажмите кнопку «**MAX**», после чего раздастся тикающий звук и на ЖК-дисплее появится индикатор **MAX**, при этом прибор перейдет в состояние регистрации максимального измеренного значения, которое будет отображаться на дисплее. Для возврата к обычному режиму еще раз нажмите кнопку «**MAX**».

При необходимости измерить разность освещенности двух объектов – измерьте освещенность одного объекта, затем нажмите кнопку «Δ». Услышав тикающий звук, убедитесь, что на ЖК-дисплее появился символ Δ, и показание стало нулевым, измерьте освещенность второго объекта. На ЖК-дисплее будет отображаться значение разности освещенности этих объектов. Для возврата еще раз нажмите кнопку «Δ».

Под действием падающих фотонов света, фотоэлемент, находящийся под молочно-белой линзой Френеля, начинает вырабатывать электрический ток, силу тока измеряют микроамперметром, шкала которого градуирована в люксах (рисунок 12).

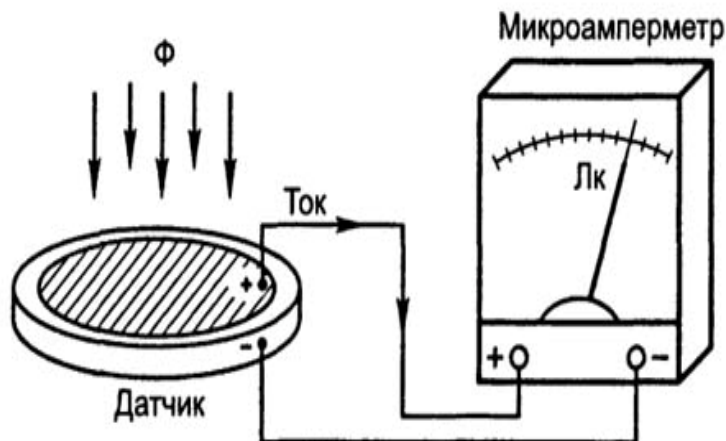


Рисунок 12 – Принципиальная схема люксметра

После завершения измерений наденьте защитную крышку на фотодатчик и нажмите кнопку «**POW**», удерживая ее более 2 секунд, после чего на ЖК-дисплее отобразится надпись **OFF**, в этот момент отпустите кнопку «**POW**» для выключения люксметра.

4.4 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.4.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ (КЕО)

Для выполнения работы ориентируемся в аудитории, используя 3D рисунок аудиторий 410^{АВ} и 404^{АВ}, спроектированный в программе «Sweet Home 3D» (рисунок 13), и сопоставим его с планом аудиторий (рисунок 14). Представленный в 3D вид аудиторий является усредненным видом и точно соответствует площади аудиторий и расположению оконных проемов, но варьирует расстановку отдельных элементов мебели в аудиториях, при этом расстановка основных столов и стендов сохраняется.

Для расчета КЕО необходимо замерить освещенность внутри помещения

в определенных точках выбранных в соответствии с планом аудитории, как пересечение белых линий (25 точек) и произвести замер освещенности небосклона, направляя датчик люксметра на небо, но не на солнце.

Порядок работы

1. Записать в тетрадь наименование исследования и составить таблицу 2.
2. Произвести замеры естественной освещенности и занести в таблицу 2.
3. Рассчитываем коэффициент естественной освещенности в каждой точке по формуле:

$$KEO = \frac{E_B}{E_H} \cdot 100\%$$

и заносим данные в таблицу 3.



Рисунок 13 – Вид аудиторий

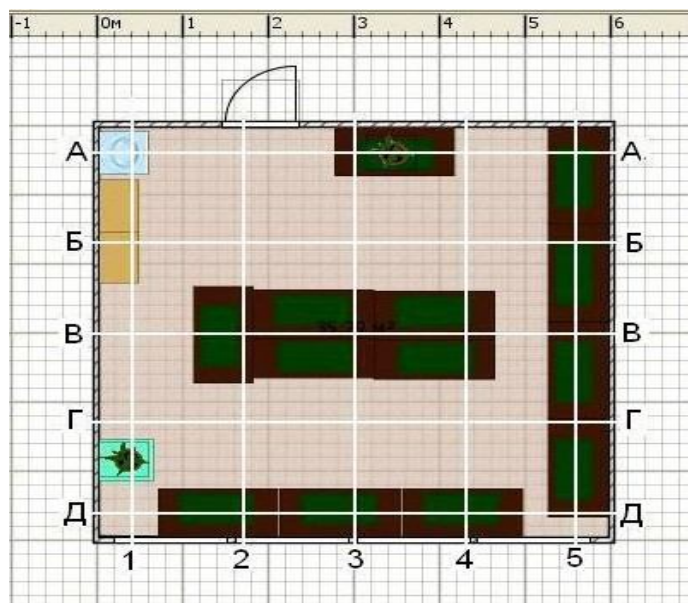


Рисунок 14 – План аудиторий

Таблица 2

Е_В	1	2	3	4	5
А					
Б					
В					
Г					
Д					
Е_н					

Таблица 3

КЕО, %	1	2	3	4	5
А					
Б					
В					
Г					
Д					

4. Основываясь на таблице 3, строим графики естественной освещенности по любым трем поперечным линиям из пяти, например, по линиям 1, 3, 5 и сравниваем с графиками рисунка 8.
5. Пользуясь таблицей 4 норм освещенности, необходимо указать разряд зрительных работ которые могут производиться в аудитории 401^{АВ} или в аудитории 404^{АВ}.

Таблица 4

Характеристика зрительной работы и наименьший размер объекта различения, мм	Разряд и подразряд зрительной работы	Контраст	Фон	Освещенность, лк
Наивысшей точности, менее 0,15	Ia	Малый	Темный	-
	Iб	Малый	Средний	1250
		Средний	Темный	1000
	Iв	Малый	Светлый	750
		Средний	Средний	
		Большой	Темный	600

	Iг	Средний Большой	Светлый Светлый	400
		Большой	Средний	300
Очень высокой точности, от 0,15 до 0,3	IIа	Малый	Темный	-
	IIб	Малый	Средний	750
		Средний	Темный	600
	IIв	Малый Средний	Светлый Средний	500
		Большой	Темный	400
	IIг	Средний Большой	Светлый Светлый	300
		Большой	Средний	200
Высокой точности, от 0,3 до 0,5	IIIа	Малый	Темный	500
				400
	IIIб	Малый	Средний	300
		Средний	Темный	200
	IIIв	Малый Средний	Светлый Средний	300
		Большой	Темный	200
	IIIг	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	200
Средней точности, от 0,5 до 1,0	IVа	Малый	Темный	300
	IVб	Малый Средний	Средний Темный	200
		Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	200
	IVг	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	200
Малой точности, от 1,0 до 5,0	Vа	Малый	Темный	300
	Vб	Малый Средний	Средний Темный	200
	Vв	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	200
	Vг	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	200
Грубая, очень малой точности, более 5,0	VI	Независимо от характеристик контраста и фона		200

Работа со светящимися материалами, более 0,5	VII		200
Общее наблюдение за ходом производственного процесса	VIIIa		200
	VIIIб		75
	VIIIв		50
Общее наблюдение за инженерными коммуникациями	VIIIг		20

4.4.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВЕТОВОЙ ОТДАЧИ ЛАМП

Световая отдача ламп определяется по формуле:

$$\psi_1 = \frac{F}{P_n} \quad \text{или} \quad \psi_2 = \frac{E}{P_n},$$

где F – световой поток (лм);

E – освещенность (лк);

P_n – номинальная мощность (Вт).

В первом случае световая отдача измеряется в лм/Вт, во втором – лк/Вт. Сравнивая результаты измерений световой отдачи двух ламп – газоразрядной и накаливания нужно сделать вывод – какая из ламп обладает большей световой отдачей и во сколько раз.

Порядок работы

1. Записать в тетрадь наименование эксперимента и составить таблицу 5.
2. Включить стенд и газоразрядную лампу (12) переключателями (9 а, б) (рисунок 9).
3. Произвести замер освещенности люксметром.
4. Результаты измерений занести в таблицу 5
5. Сделать выводы основываясь на проведенном эксперименте.

Таблица 5

Сравниваемые лампы	Тип (см. п. 3.2.3)	Мощность P_n , Вт	Освещенность E , лк	Световая отдача, Ψ_2
Газоразрядная				
Накаливания				

4.4.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ ρ

Все материалы обладают свойствами отражать падающий световой поток от освещаемой поверхности. Светлые поверхности отражают большую часть светового потока, темные – значительно меньше. Поэтому помещения со светлыми стенами, потолками и светлой окраской оборудования насыщены гораздо большим светом, чем такое же помещение, имеющее интерьер темной окраски. Оценка производственных интерьеров производится по коэффициенту отражения:

$$\rho = \frac{F_{\text{отр}}}{F_{\text{пад}}} = \frac{E_{\text{отр}}}{E_{\text{пад}}},$$

где $F_{\text{отр}}$, $E_{\text{отр}}$ и $F_{\text{пад}}$, $E_{\text{пад}}$ – отраженный и падающий световой поток и освещенность.

Различие производственных интерьеров в лабораторных условиях представлено разнообразием внутренних окрасок шести автономных секций световой камеры (1) (рисунок 9). Каждая секция внутри имеет свой цвет: белый, красный, желтый, зеленый, синий и черный. Соотношение отраженной и падающей освещенности в каждой секции даст численное значение коэффициента отражения, по которому можно судить о целесообразности применения того или иного интерьера помещения.

Порядок работы

Для проведения данного исследования используются световая камера (1) со светильником (2) и люксметр по следующей методике:

1. Записать в тетрадь название эксперимента и составить таблицу 6. Включить стенд и светильник (2) переключателями (9 а, 9 з), установить светильник (2) в крайнее левое или правое положение по меткам (3).

3. Произвести замеры освещенности люксметром и записать величины E_c пропорциональной величине падающего светового потока F_c .

4. Повернуть фотоэлемент «НА РЕБРО» и устанавливая его поочередно в положения Г и В, произвести замеры E_2 , E_6 , пропорциональные отраженному световому потоку $F_{\text{отр}}$.

5. Произвести подобные замеры во всех шести секциях световой камеры, составить таблицу 6, построить график и дать заключение по результатам исследования, имея в виду, что освещенность зрительного пространства E_{zn} зависит от коэффициента отражения следующим образом:

$$E_{zn} = E_n(1 + \rho),$$

где E_n – нормативная освещенность для данного помещения и вида зрительной работы. Если, например, $E_n = 300$ лк, то при светлых тонах интерьера ($\rho = 0,6-0,8$) освещенность будет в 1,6-1,8 раза выше нормативной.

Таким образом, только за счет интерьера можно получить либо экономию электроэнергии на освещении, либо улучшить освещенность в помещении.

Таблица 6

Окраска интерьера	E_c , лк	E_z , лк	E_{θ} , лк	$E_{cp} = \frac{E_z + E_{\theta}}{2}$	$\rho = \frac{E_{cp}}{E_c}$
Белая					
Красная					
Желтая					
Зеленая					
Синяя					
Черная					

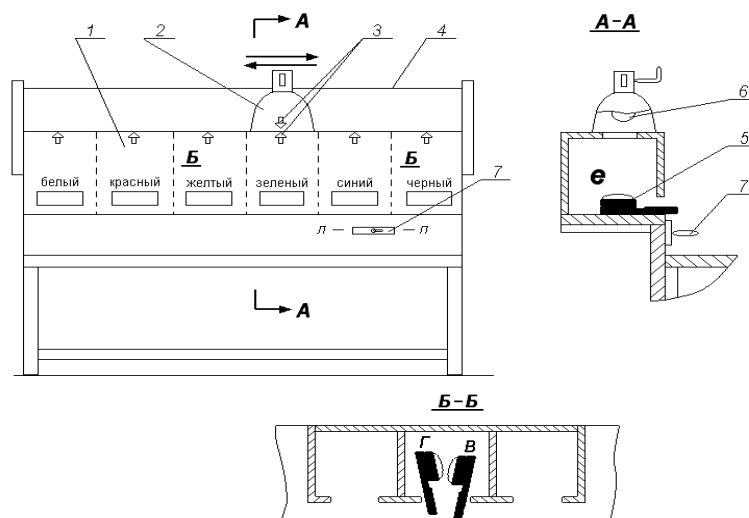
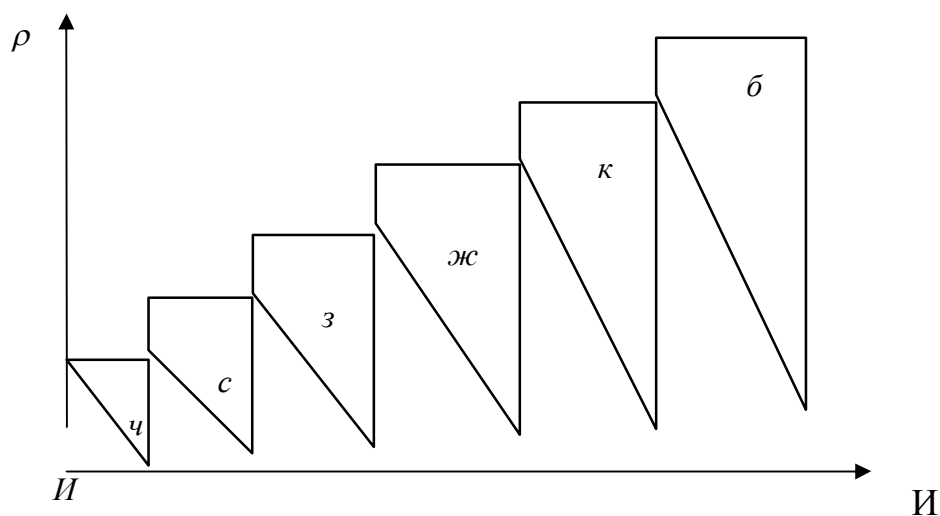


Рисунок 15 – К определению коэффициента отражения

1 – световая камера; 2 – светильник; 3 – метки; 4 – направляющая; 5 – фотоэлемент; 6 – лампа; 7 – тумблер; А-А – центральное положение фотоэлемента; Б-Б – боковое положение фотоэлемента.



5 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- 5.1 Название лабораторной работы, ее цели и задачи.
- 5.2 Теоретическую часть.
- 5.3 Анализ полученных результатов исследования.
- 5.4 Выводы и предложения.

6 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 6.1 Светотехнические характеристики зрительной работы (количественные и качественные).
- 6.2 Классификация производственного освещения.
- 6.3 Принципы нормирования естественного освещения.
- 6.4 Принципы нормирования искусственного освещения.
- 6.5 Что означает коэффициент светового климата m .
- 6.6 Почему искусственное освещение оценивается в люксах, а естественное – коэффициентом KEO .
- 6.7 Преимущества и недостатки источников света.
- 6.8 Назовите, какие исследования можно проводить на стенде.
- 6.9 Принципиальное устройство и работа люксметра.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров/ С.В. Белов. – М.: Юрайт, 2014. – 702 с.
2. Девисилов В.А. Охрана труда: учебник/В.А. Девисилов.- 5-е изд. перераб. и доп. – М.: ФОРУМ, 2013. – 512 с.
3. Занько, Н.Г. Безопасность жизнедеятельности: Учебник. 14-е изд., стер./ О. Н. Русак, К. Р. Малаян, Н. Г. Занько. - СПб.: Лань, 2012. – 672 с.
4. Стуров Д.С. Проектирование и расчет общего электрического освещения производственных помещений/ Д.С. Стуров, М.В. Бойчук. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. – 52с.
5. Sweet Home 3D [Электронный ресурс]. - Электрон. текст. дан. - Режим доступа: <http://www.sweethome3d.com/ru>. - Загл. с экрана.
6. ГОСТ Р 54350-2011 Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний (введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 июля 2011 г. N 176-ст).
7. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (утв. Приказом Минрегиона РФ от 27.12.2010 N 783).
8. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий (в ред. Изменений и дополнений N 1, утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 15.03.2010 N 20).